



industriales
etsii

**Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

Autor: Elena López Martínez

Director: Francisco Vera García



**Universidad
Politécnica
de Cartagena**

Cartagena, Septiembre 2014



INDICE DE CONTENIDOS

	<i>Página</i>
➤ TABLA DE SÍMBOLOS.	1
1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	2
1.1.- Energía solar fotovoltaica dentro del marco actual de las renovables.	
1.2.- Objetivos del trabajo fin de grado.	
1.3.- Terminología.	
1.4.- Resumen del trabajo desarrollado.	
2.- DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A RED.....	6
2.1.- Funcionamiento y parámetros característicos.....	6
2.1.1.- Las células fotovoltaicas, módulos y sistemas.	
2.1.2.- Características de la célula fotovoltaica.	
2.1.2.1.- Eficiencia cuántica y fotocorriente.	
2.1.2.2.- Corriente de oscuridad y voltaje de circuito abierto.	
2.1.2.3.- Eficiencia.	
2.1.2.4.- Resistencias parasitarias y Circuito equivalente.	
2.2.- Descripción de los componentes.....	17
2.2.1.- Célula fotovoltaica.	
2.2.2.- Generador Fotovoltaico.	
2.2.2.1.- Condiciones estándares y TONC	
2.2.2.2.- Comportamiento en condiciones cualesquiera de operación	
2.2.2.3.- Interconexionado de módulos fotovoltaicos.	
2.2.3.- Inversores.	
2.2.4.- Estructura de soporte.	
2.2.5.- Cableado y elementos de conexión.	



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

2.2.6.- Equipos de medidas y monitorización.	
2.2.6.1.- Medición de la Radiación Solar.	
2.2.6.2.- Medición del caudal/velocidad de aire.	
2.2.6.3.- Medición de la dirección del viento	
2.2.6.4.- Medición de la humedad.	
2.2.6.5.- Medición de la temperatura ambiente.	
2.2.6.6.-Sistema de Adquisición de datos: Datalogger.	
2.3.- Normativa y Reglamentación aplicables.....	31
2.4.- Estudio del Arte de instalaciones para la Monitorización de Sistemas Fotovoltaicos.....	34
2.4.1.- Importancia de la monitorización.	
2.4.2.- Parámetros utilizados.	
3.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	37
3.1.- Generador Fotovoltaico.....	37
3.1.1.- Módulos.	
3.1.2.- Estructura.	
3.1.3.- Conexionado.	
3.2.- Cuadro Eléctrico e Inversores.....	39
3.2.1.- Cuadro Eléctrico.	
3.2.2.- Inversores.	
3.2.3.- Esquema eléctrico.	
3.3.- Sistema de Monitorización.....	42
3.3.1.- Sensores.	
• Anemómetro y veleta.	
• Piranómetro.	
• Sensor de humedad y temperatura.	
• Sonda de temperatura flexible PT100	



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

- Sensores de voltaje y corriente

3.3.2.- Datalogger.

4.- MANUAL DE USO DE LA INSTALACIÓN.....	50
4.1.- Descripción de la puesta en marcha de la instalación.....	50
4.2.- Tipos de conexiones	50
4.2.1.- Acceder a un string en CC de manera aislada.	
4.2.2.- Acceder a un string en CA (conexión al inversor).	
4.2.3.- Alimentación de los sensores.	
4.3.- Uso del sistema de monitorización.....	52
4.3.1.- Uso y configuración del Datalogger.	
4.3.2.- Monitorización mediante Labview.	
4.3.3.- Otros métodos de monitorización.	
4.3.3.1.- Aplicación web de Agilent	
4.3.3.2.- Software BenchLink Data Logger 3	
4.3.4.- Variables accesibles	
4.4.- Manual de uso de los Inversores.....	58
4.5.- Identificación de los sensores y cableado.....	60
4.5.1.- Identificación de sensores y generadores en la instalación	
4.5.2.- Códigos de colores en la entrada del datalogger	
5.- MONITORIZACIÓN Y CONTROL MEDIANTE LABVIEW.....	62
5.1.- Entorno LabVIEW.....	62
5.1.1.- Familiarización con LabVIEW	
5.1.2.- Adquisición de datos	
5.2.- Descripción de la programación.....	64
5.2.1.- Creación del proyecto	
5.2.2.- Diseño del entorno.	
5.2.3.- Creación de subVIs	



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

5.2.3.1.- SubVI FicheroRedAC.

5.2.3.2.- SubVI DAQ (Adquisición de datos)

5.2.4.- Creación del proyecto base: Instalación conectada a Red AC.

5.3.- Uso del programa de monitorización.....	77
5.4.- Creación de archivos ejecutables.....	79
6.- ANÁLISIS DE DATOS.....	80
7.- CONCLUSIONES.....	82
8.- FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	83
9.- BIBLIOGRAFIA.....	84

ANEXOS

- **Catálogos de equipos.**
 - **Módulos fotovoltaicos**
 - **Datalogger.**
 - **Inversor.**
 - **Piranómetro.**
 - **Sensor de humedad y temperatura.**
 - **Anemómetro y veleta.**
- **Planos e imágenes.**
 - **Diagrama eléctrico.**
 - **Ubicación de equipos.**
 - **Dimensiones de la estructura.**
 - **Panel Frontal LABVIEW.**
 - **Diagrama de Bloques LABVIEW.**
- **Tabla de conversión de datos.**
- **Manual de uso del PanelesCEDIT.**
- **Datos obtenidos del ensayo.**



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

➤ Tabla de Símbolos

SIMBOLO	Descripción
(STC)	Condiciones estándar (masa de aire AM 1,5, irradiancia 1000 W/m ² , temperatura de la célula 25 °C)
C	Velocidad de la luz en el vacío (2,998 x 10 ⁸ ms ⁻¹)
E	Energía de un fotón
FF	Factor de llenado
H	Constante de Planck (6,626 x 10 ⁻³⁴ J·s)
I	Corriente que entrega una célula solar
ID	Corriente de diodo o de oscuridad
IL	Corriente fotogenerada o fotocorriente
Isc	Corriente de cortocircuito
Jdark	Densidad de corriente de túnel
Jm	Densidad de corriente en el punto de máxima potencia
Jo	Constante
Jsc	Densidad de corriente de cortocircuito
Kb	Constante de Boltzmann (1,381 x 10 ⁻²³ J·K ⁻¹)
η	Eficiencia de la célula
ηm	Eficiencia del módulo
P	Potencia
Pmax	Potencia nominal
Ps	Fracción de la densidad de energía de luz incidente
Q	Carga electrónica
RL	Resistencia intermedia
Rs	Resistencia en serie
Rsh	Resistencia en paralelo
T	Temperatura
V	Tensión entre extremos de una célula solar.
Vm	Tensión en el punto de máxima potencia de un generador fotovoltaico.
VOC	Tensión de circuito abierto de una célula solar.
λ	Longitud de onda
Zce	Zona de carga de espacio o zona de transición



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Desde principios de la humanidad la energía ha presentado un papel crucial para el desarrollo de la civilización. Debido al gran crecimiento del uso de las energías renovables y el impacto medioambiental que las energías convencionales provocan en la Tierra, es necesario profundizar en el futuro de las energías renovables.

Debemos encontrar soluciones energéticas sostenibles para nuestra sociedad y para el medio ambiente como es la energía solar fotovoltaica.

1.1.- Energía solar fotovoltaica dentro del marco actual de las renovables.

Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales inagotables a escala humana, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

El gran interés que despiertan estas energías no es sólo que son ilimitadas, también son muy importantes desde un punto de vista ecológico, ya que a diferencia de la contaminación que provocan las energías provenientes de combustibles fósiles, las energías renovables respetan el medio ambiente pudiéndose considerar prácticamente energías limpias.

Debido a la creciente demanda de energías renovables, la fabricación de células solares e instalaciones fotovoltaicas ha avanzado considerablemente en los últimos años. Entre los años 2001 y 2014 se ha producido un crecimiento exponencial de la producción de energía fotovoltaica a nivel mundial, doblandose aproximadamente cada dos años.

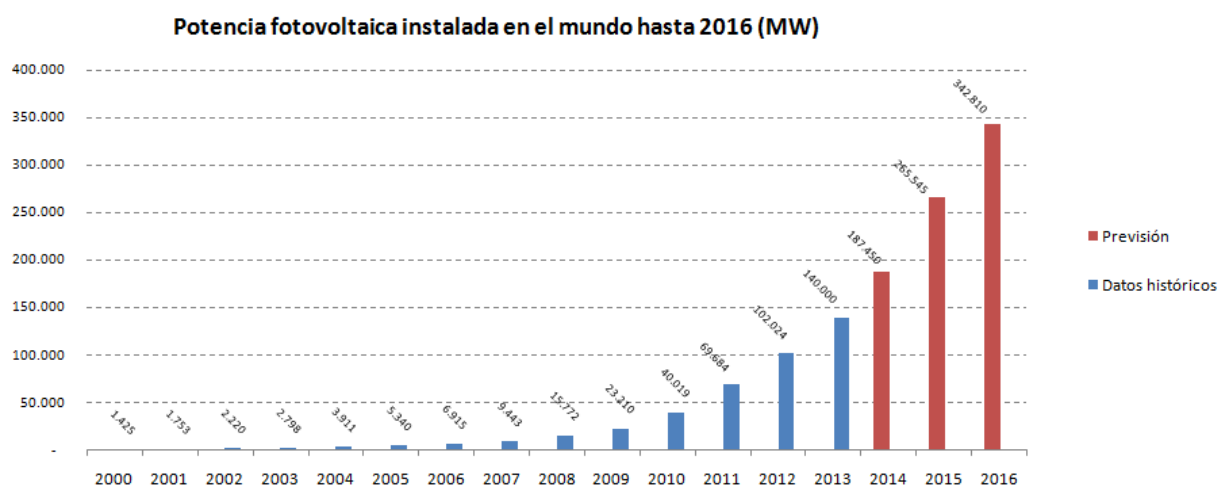


Figura 1.0: Potencia fotovoltaica instalada en el mundo, en MW. Datos históricos hasta 2013 y previsión hasta 2016
- Datos de la EPIA -



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

La potencia total fotovoltaica instalada en el mundo (conectada a red) ascendía a finales de 2013, a cerca de 140 GW de potencia fotovoltaica, lo que representa un aumento del 35% en comparación con el año anterior, fuentes de la European Photovoltaic Industry Association (9).

Gracias a ello la energía solar fotovoltaica se ha convertido en la tercera fuente de energía renovable más importante en términos de capacidad instalada a nivel global, después de las energías hidroeléctrica y eólica.

La producción anual de energía eléctrica generada por la fotovoltaica a nivel mundial equivalía en 2014 a cerca de 160 teravatios-hora (TWh), suficiente para abastecer las necesidades energéticas de más de 30 millones de hogares, cubriendo un 0,85% de la demanda mundial de electricidad.

La generación eléctrica mediante fotovoltaica presenta la mayor densidad energética de todas las energías renovables. No produce ningún tipo de emisiones nocivas durante su funcionamiento, aunque la producción de los paneles fotovoltaicos presenta también un cierto impacto ambiental. Los residuos finales generados durante la fase de producción de los componentes, así como las emisiones de las factorías, pueden gestionarse mediante controles de contaminación ya existentes. Durante los últimos años también se han desarrollado tecnologías de reciclaje para gestionar los diferentes elementos fotovoltaicos al finalizar su vida útil, y se están llevando a cabo programas para incrementar el reciclaje entre los productores fotovoltaicos.

Las emisiones de gases de efecto invernadero a lo largo del ciclo de vida para la fotovoltaica son cercanas a los 46 g/kWh, pudiendo reducirse incluso hasta 15 g/kWh en un futuro próximo.

La producción de energía eléctrica aplicando técnicas fotovoltaicas presenta grandes ventajas, sin embargo, en España ese sistema de generación de energía se ha producido de manera lenta, fundamentalmente por barreras de carácter económico.

Desde principios de la década de 2000, en concordancia con las medidas de apoyo a las energías renovables que se estaban llevando a cabo en el resto de Europa, se aprobaron leyes que establecieron las condiciones técnicas y administrativas, y que supusieron el inicio de un lento despegue de la fotovoltaica en España. En 2004, el gobierno español eliminó las barreras económicas para la conexión de las energías renovables a la red eléctrica. El Real Decreto 436/2004 igualó las condiciones para su producción a gran escala, y garantizó su venta mediante primas a la generación.

Gracias a esta regulación, y el posterior RD 661/2007, España fue en el año 2008 uno de los países con más potencia fotovoltaica instalada del mundo, con 2708 MW instalados en un sólo año. Sin embargo, posteriores modificaciones en la legislación del sector ralentizaron la construcción de nuevas plantas fotovoltaicas.

En términos de producción energética, en 2010 la energía fotovoltaica cubrió en España aproximadamente el 2% de la generación de electricidad, y en 2011 representó el 2,9%, según datos del operador, Red Eléctrica (8). A finales de 2013 la potencia fotovoltaica instalada en España ascendía a 4679 MW.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED



Figura 1.1: Generación de energía en España de enero a febrero del 2014
– Datos web Red Eléctrica de España –

Pese a todo, existen numerosos factores que hacen de esta tecnología un sistema de producción de energía muy atractivo para nuestro país: existencia de recursos solares abundantes, tecnología y capacidad de fabricación punteras a nivel internacional, perspectivas favorables de evolución a nivel tecnológico y económico.

1.2.- Objetivos del trabajo fin de grado.

El objetivo de este proyecto consta de dos partes, documentación del proceso de instalación y puesta en marcha de una central fotovoltaica de generación de energía de 5 kW conectada a la red de baja tensión situada sobre la cubierta de la terraza del edificio del Centro de Desarrollo e Innovación Tecnológica (CEDIT) de la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT) situado en el Parque Tecnológico de Fuente Álamo, así como la realización de los pertinentes manuales de uso de la instalación de manera que permita a los alumnos e investigadores futuros la experimentación con ella. Por otro lado, se pone en marcha la instalación y la monitorización de ésta vía internet mediante software Labview, para poder controlar, medir y archivar los datos de los sensores instalados desde cualquier ubicación de la UPCT.

Finalmente se toman una serie de datos para observar el correcto funcionamiento de los sensores y de los paneles solares.

1.3.- Terminología.

Obteniendo de manera adecuada la radiación solar, podemos obtener calor y electricidad. El calor se logra mediante los colectores térmicos, y la electricidad, a través de los llamados módulos fotovoltaicos.

La radiación solar se valora en varias unidades físicas concretas:

- **Irradiancia:** Es la potencia de la radiación solar por unidad de superficie, su unidad es $[W/m^2]$
- **Irradiación:** Energía que incide por unidad de superficie en un tiempo.

Irradiación = Irradiancia x tiempo; por lo tanto sus unidades serán $[J/m^2]$ ó $[kW \cdot h]$ donde $1kW \cdot h$ equivale a 3,6 MJ.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

- **Irradiancia espectral:** Es la potencia radiante por unidad de área y de longitud de onda $[W/(m^2 \cdot \mu m)]$
- **Irradiancia directa:** Es la radiación que llega a un determinado lugar procedente del disco solar, su unidad de medida es $[W/m^2]$.
- **Irradiancia difusa:** Es la radiación procedente de toda bóveda celeste excepto la procedente del disco solar y cuya unidad de medida es $[W/m^2]$.
- **Irradiancia reflejada:** Es la radiación reflejada por el suelo (albedo), se mide en $[W/m^2]$.
- **Irradiancia global:** Se puede entender que es la suma de la irradiancia directa, difusa y reflejada. Es el total de la radiación que llega a un lugar en $[W/m^2]$.
- **Irradiancia circumsolar:** Es la parte de la radiación difusa procedente de las proximidades del disco solar en $[W/m^2]$.
- **Radiación extraterrestre:** Es la radiación que llega al exterior de la atmósfera terrestre $[W/m^2]$. Sólo varía con la distancia entre la tierra y el Sol.

Si se suma toda la radiación global que incide sobre un lugar determinado en un periodo de tiempo definido se obtiene la energía en $kW \cdot h/m^2$, este valor será diferente según la región en donde nos encontremos.

1.4.- Resumen del trabajo desarrollado.

En este trabajo fin de grado se pretende realizar un estudio sobre las instalaciones de energía solar fotovoltaica conectadas a red, describiendo los distintos tipos de instalaciones, sus componentes y parámetros característicos.

Se analizará la importancia de la monitorización en este tipo de instalaciones y se describirá en detalle la instalación fotovoltaica realizada sobre la azotea del edificio del CEDIT, en Fuente Álamo.

Se define la puesta a punto de la instalación y se desarrolla una guía de uso de la misma, implementando además un sistema de monitorización mediante software Labview para instalaciones conectadas a red, para permitir a futuros alumnos estudiar y analizar el funcionamiento de un sistema fotovoltaico real.

Finalmente mediante Labview, se podrán visualizar los datos instantáneos recogidos de la instalación, datos eléctricos y ambientales, que podrán ser analizados posteriormente ya que se guardarán en un archivo *.txt con las diferentes variables monitorizadas durante el periodo de estudio.



2.-DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A RED

2.1.- Funcionamiento y parámetros característicos.

Las células fotovoltaicas convierten la energía de la luz en energía eléctrica. Están hechas de semiconductores, normalmente de silicio, tratados para formar dos capas diferentes dopadas (tipo p y tipo n) que forman un campo eléctrico, dando lugar a una cara positiva y otra negativa. Cuando la luz solar incide en la célula se liberan electrones que pueden ser separados por el campo eléctrico, dando lugar a una corriente eléctrica. Una célula fotovoltaica típica de 100 cm² puede producir en torno a 1,5 W (0,5 V y 3 A).

Un módulo fotovoltaico consiste en un conjunto de células fotovoltaicas eléctricamente conectadas unas a otras, encapsuladas montadas en un laminado y una estructura soporte o marco. Los módulos están diseñados para suministrar electricidad a un determinado voltaje (normalmente 12 o 24 V).

Aunque un solo módulo puede ser suficiente para muchas aplicaciones, es habitual conectar dos o más módulos para formar un generador fotovoltaico. Éstos producen corriente continua (DC) y pueden ser conectados en serie y/o en paralelo para producir cualquier combinación de corriente y tensión, hasta alcanzar la potencia necesaria para cada aplicación.

Un sistema fotovoltaico completo consiste en un generador junto a otros componentes que varían y dependen del tipo de aplicación o servicio que se quiere proporcionar. Se pueden clasificar como autónomo, conectados a la red eléctrica, o según el tipo de aplicación. [1].

2.1.1.- Las células fotovoltaicas, módulos y sistemas.

La conversión de la energía de las radiaciones solares en energía eléctrica es un fenómeno físico conocido como el efecto fotovoltaico. La célula solar es el dispositivo fotovoltaico más importante para la conversión directa de la energía solar en energía eléctrica. Con este fin, las células solares han sido ampliamente utilizadas en aplicaciones espaciales como generadores casi permanentes de energía, sin ningún costo de funcionamiento y con una alta relación energía/peso.

El efecto fotovoltaico en células electroquímicas fue descubierto por Becquerel en 1839, pero hasta 1954 no se tuvo una célula solar capaz de convertir con eficiencia la energía solar en energía eléctrica. Este dispositivo fue desarrollado por Chapin, Fuller y Pearson y, desde entonces, células similares a aquella se vienen empleando en uso terrestre, para el suministro de energía eléctrica a puntos remotos [2].

2.1.2.- Características de la célula fotovoltaica.

Cuando la luz del Sol incide sobre ciertos materiales llamados semiconductores, los fotones que la constituyen son capaces de transmitir su energía a los electrones de valencia del semiconductor para que se rompan el enlace que les mantiene ligados a los átomos respectivos. Por cada enlace roto queda un electrón libre para circular dentro del sólido. La falta de electrón en el enlace roto, que se llama



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

hueco, también puede desplazarse libremente por el interior del sólido, transfiriéndose de un átomo a otro debido al desplazamiento del resto de los electrones de los enlaces. Los huecos se comportan en muchos aspectos, como partículas con carga positiva igual a la del electrón.

El movimiento de los electrones y huecos en direcciones opuestas genera una corriente eléctrica en el semiconductor capaz de circular por el circuito externo y liberar en él energía de la cedida por los fotones al crear los pares electrón-hueco. Para separar los electrones de los huecos, e impedir que restablezcan el enlace, se utiliza un campo eléctrico (o la correspondiente diferencia de potencial), que hace que ambos circulen en direcciones opuestas, dando lugar a una corriente en el sentido citado del campo.

En las células solares convencionales este campo eléctrico se consigue en la unión de dos regiones de un cristal semiconductor, de conductividades de distinto tipo. En el caso de que el material semiconductor sea el silicio, una de las regiones llamada, de tipo n , se impurifica con fósforo, que tiene cinco electrones de valencia, uno más que el silicio, y es una región con una concentración de electrones mucho mayor que la de huecos. La otra, llamada de tipo p , se impurifica con boro, que tiene tres electrones de valencia, uno menos que el silicio, y es una región con una concentración de huecos mayor que la de electrones y huecos entre ambas regiones crean, para mantenerse, un campo eléctrico dirigido de la región n a la región p , que es el responsable, también de separar los electrones y huecos extras que se producen cuando la célula está iluminada.

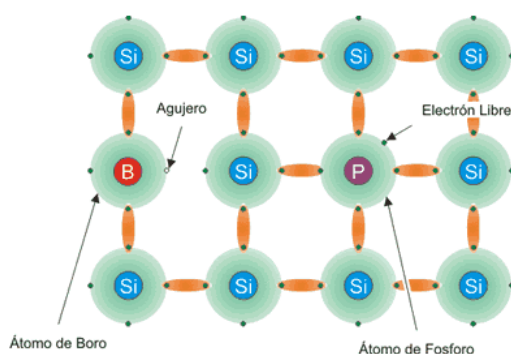


Figura 2.0: Enlaces entre átomos

Prácticamente todas las células solares disponibles en la actualidad están constituidas por una unión $p-n$ como la descrita anteriormente. En las células de silicio, que son las más empleadas en la práctica, la unión se consigue difundiendo una capa de fósforo en una oblea de silicio que originalmente está toda ella impurificada con boro. La unión es muy superficial, con valores típicos de anchura de la capa difundida (región n = de 0,2 a 0,5 μm) es común denominar emisor a esta capa.

El contacto eléctrico sobre la cara iluminada, que es la cara difundida, ha de hacerse de tal forma que deje al descubierto la mayor parte de su superficie, a fin de que penetre la luz en el semiconductor, pero proporcione, a la vez, una baja resistencia eléctrica. La solución de compromiso que suele adoptarse consiste en utilizar contactos en forma de peine. Por el contrario, el contacto eléctrico sobre la cara no iluminada cubre toda el área.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

Habitualmente la cara iluminada se cubre con una capa de material antirreflectante para aumentar el porcentaje de la energía solar absorbida.

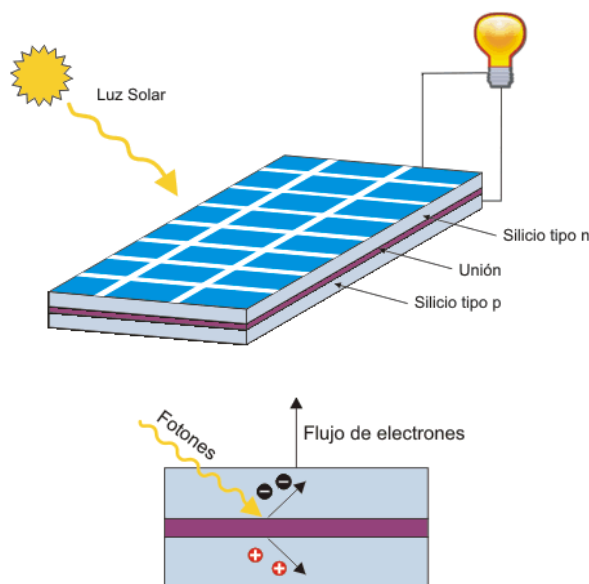


Figura 2.1: Efecto fotovoltaico en una célula solar

Si se ilumina una célula solar que se encuentra conectada a una carga externa, se producirá una diferencia de potencial en dicha carga y una circulación de corriente que sale al circuito exterior por el terminal positivo y vuelve a la célula por el negativo. En estas condiciones de funcionamiento la célula se comporta como un generador de energía y presenta el máximo interés desde nuestro punto de vista.

En resumen, la corriente entregada a una carga por un diodo semiconductor iluminado es el resultado neto de dos componentes internas de corriente que se oponen:

- a) La corriente *fotogenerada* o *fotocorriente* I_L debida a la generación de portadores que produce la iluminación.
- b) La corriente de diodo o *corriente de oscuridad* I_D debida a la recombinación de portadores que produce el voltaje externo necesario para poder entregar energía a la carga.

Admitiendo que la célula responde linealmente a estas excitaciones de iluminación y voltaje, la corriente neta que circula por el exterior vendrá dada por la suma algebraica de las dos componentes de corrientes anteriores. Tomando como positivas las corrientes de generación, se puede escribir:

$$I = I_L - I_D (V) \quad (2.0)$$

que es la ecuación característica de la célula solar, válida en todos los rangos de funcionamiento, incluso cuando el dispositivo actúa como diodo receptor de energía porque la recombinación excede a la generación. [2].



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

2.1.2.1.- Eficiencia cuántica y fotocorriente.

La radiación solar contiene fotones de todas las energías de acuerdo con una distribución espectral. Fuera de la atmósfera, el espectro solar (espectro AM0) se aproxima al de un cuerpo negro a la temperatura de 5.800 K y el valor de la irradiancia es de 136,7 mW/cm². Al nivel del mar este espectro se modifica por la absorción atmosférica (espectro AM1,5) y la irradiancia desciende hasta un valor de 100 mW/cm², aproximadamente.

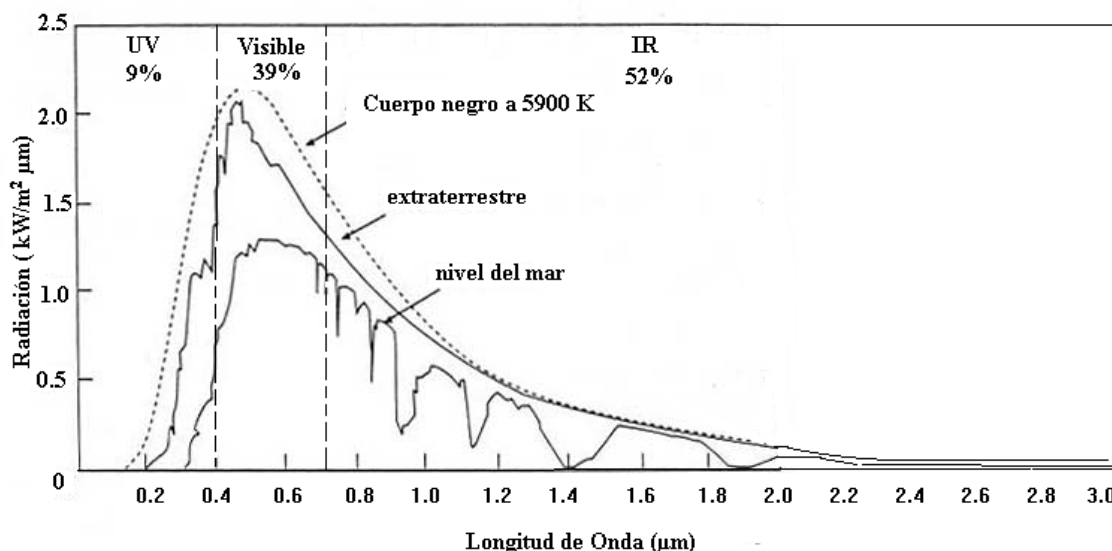


Figura 2.2: Distribución espectral de la radiación solar

La célula solar está constituida básicamente por un material semiconductor, con un ancho de banda prohibida, E_G y un espesor total, W . La energía de los fotones irradiados sobre este semiconductor puede ser absorbida por los electrones de la banda de valencia que se promocionarán a la banda de conducción, produciéndose de esta manera una generación de portadores de corriente como resultado del proceso de absorción de fotones. Por desgracia, no todos los fotones incidentes son absorbidos y contribuyen a la generación de portadores, debido a las siguientes causas:

- Los fotones con energía inferior a E_G atraviesan el semiconductor sin ser absorbidos, como se desprende de las gráficas de coeficiente de absorción óptica. Las pérdidas debidas a este proceso las denominaremos pérdidas de no-absorción.
- Debido al valor finito del coeficiente de absorción $\alpha(E)$ y de la anchura del semiconductor W , una parte de los fotones de energía mayor que E_G pueden atravesar, también, el dispositivo sin ser absorbidos. Es decir, la transmitancia $T(E, W)$ es siempre mayor que cero dando origen a las pérdidas de transmisión.
- Una parte de los fotones de todas las energías se refleja en la superficie de incidencia de la radiación debido a la diferencia de índices de refracción, que producen una reflectancia $\rho(E, W)$ mayor que cero y originando las pérdidas de reflexión.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

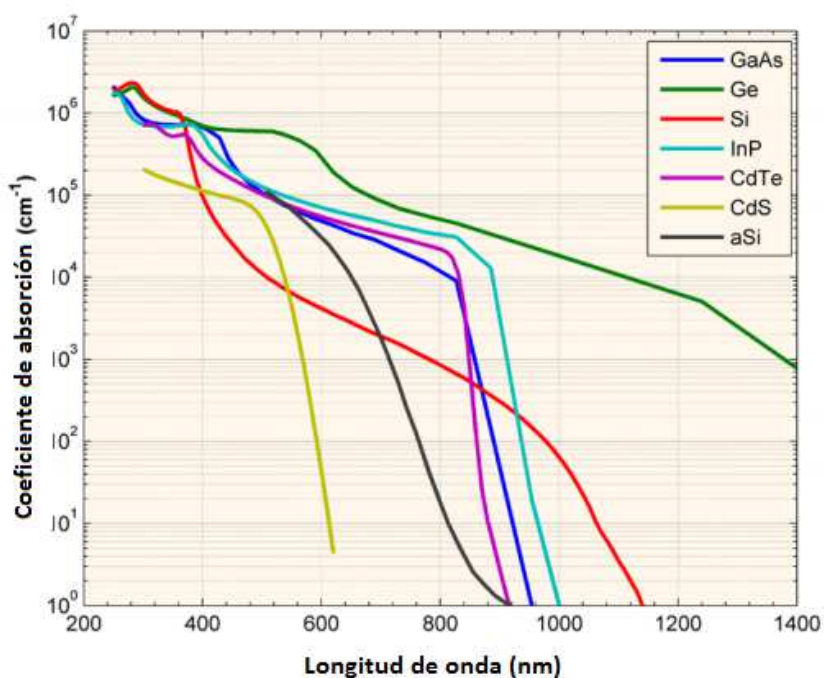


Figura 2.3: Coeficiente de absorción óptica de diferentes semiconductores

En la práctica, solamente se crea un par electrón-hueco por cada fotón absorbido, independientemente del valor de su energía. En esta hipótesis, el número de pares fotogenerados coincide con el de fotones absorbidos y si denotamos con $\alpha(E, W)$ la absorptancia espectral, la corriente fotogenerada se calcula resolviendo la siguiente integral:

$$I_L = e A_c \int_{EG}^{\infty} S(E) \alpha(E, W) dE \equiv e A_c \int_{EG}^{\infty} S(E) [1 - \rho(E, W) - \tau(E, W)] dE \quad (2.1)$$

Siendo $S(E)$ el número de fotones de energía E incidentes sobre la célula por unidad de superficie y de tiempo, y A_c el área de célula iluminada.

Las pérdidas de no-absorción son inevitables y dependen únicamente de las propiedades del semiconductor. Las pérdidas de reflexión y transmisión, por el contrario, pueden, al menos en principio, reducirse a cero, utilizando capas antirreflectantes y diseños de dispositivos adecuados. La máxima fotocorriente que podría esperarse de una célula solar se obtiene eliminando estas dos últimas pérdidas (es decir consiguiendo que $\alpha(E, W) = 1$), viniendo dada por la integral:

$$I_L \leq e A_c \int_{EG}^{\infty} S(E) dE \quad (2.2)$$

y depende únicamente del ancho de la banda prohibida del semiconductor y del espectro solar.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

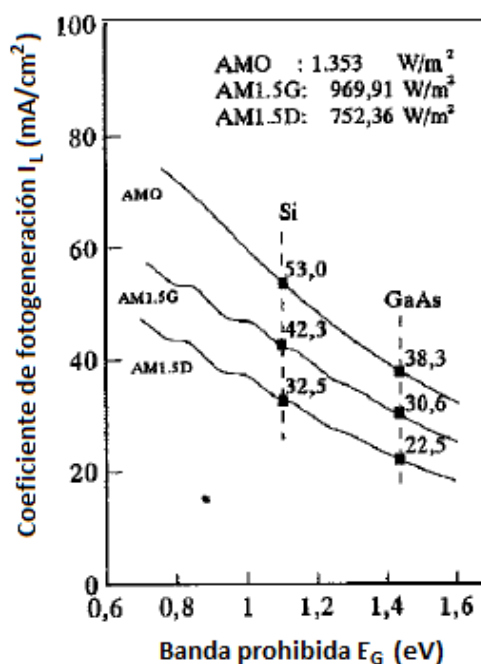


Figura 2.4: Máxima corriente que puede fotogenerarse en una célula solar, en función del ancho de banda prohibida del semiconductor y para diferentes espectros de iluminación.

Pero no todos los portadores fotogenerados pueden incorporarse a la corriente externa y ser utilizados en la generación de energía. Esto es así porque, incluso sin que se aplique ningún voltaje externo al dispositivo (operación en condiciones de corto-circuito) una pequeña parte de los portadores fotogenerados se recombinan porque la mayoría de estos portadores se generan lejos de la zona de alto campo y deben circular hacia ella antes de ser separados y colectados por la unión. La fracción de los portadores que es recogida recibe el nombre de rendimiento o eficiencia de colección $\eta_{col}(E)$ y depende de las propiedades eléctricas y ópticas del material y de la estructura del dispositivo. La fotocorriente debe calcularse por tanto, como:

$$I_L = e A_C \int_{E_G}^{\infty} S(E) \propto (E) \eta_{col}(E) dE \quad (2.3)$$

La eficiencia de colección depende de la región del dispositivo que se considere. Los electrones y los huecos generados en la zona de carga de espacio (en adelante *zce*), o zona de transición son separados y arrastrados por el alto campo eléctrico de esta zona, para ser inyectados en las zonas casi neutras de tipo p y n, respectivamente. Se trata de una inyección de mayoritarios que se redistribuirán en dichas zonas y avanzarán hacia los contactos por arrastre fundamentalmente. La componente de la corriente fotogenerada originada en esta región de transición es la designada por I_{LT} .

En las zonas casi neutras, los campos eléctricos son muy pequeños, y el transporte de portadores minoritarios se rige por fenómenos de difusión fundamentalmente. Los portadores generados en estas zonas se difunden hacia la *zce* y hacia los contactos y superficies. En la zona n, por ejemplo, los electrones son repelidos por el campo eléctrico de la *zce* (o, lo que es lo mismo, por la barrera de potencial) y no pueden atravesar dicha zona, pero si pueden circular, como mayoritarios que son, hacia



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

el contacto y superficies. Por el contrario, la mayor parte de los huecos se difunden hacia el borde de la *zce* y son colectados y arrastrados por el campo eléctrico (o, lo que es lo mismo, descienden por la barrera de potencial) e inyectados en la zona *p* en la que son mayoritarios y en la que se distribuirán y avanzarán por arrastre. El campo (la barrera de potencial) de la unión actúa de nuevo como separador de ambos tipos de portadores, originándose otra componente de fotocorriente, I_{LN} . Una explicación totalmente similar puede darse, naturalmente por los huecos y electrones generados en la zona neutra de tipo *p*, que dan lugar a la componente de fotocorriente I_{LP} .

Lo que es importante señalar es que los fenómenos de transporte y extracción de corriente están determinados por parámetros (movilidades, coeficientes de difusión) finitos y por consiguiente, no todos los portadores fotogenerados son separados por el campo de unión y colectados para incorporarse a la fotocorriente. Una parte de ellos, que un correcto diseño debe procurar minimizar, vuelven a recombinarse en el propio volumen y en las superficies del dispositivo, generando calor y resultando inútiles para la generación de corriente y de energía. Dicho de otro modo, la eficiencia de colección en las zonas neutras (y consecuentemente la de todo el dispositivo) es inferior a la unidad. [2].

2.1.2.2.- Corriente de oscuridad y voltaje de circuito abierto.

El voltaje externo necesario para poder entregar energía a la carga produce una polarización de la célula solar que da lugar a las corrientes habituales de un diodo de unión *p-n*, aun en ausencia de cualquier iluminación (célula de oscuridad).

Una tensión *V* de polarización directa (lado *p* positivo respecto al *n*), produce una inyección de portadores minoritarios a ambos lados de la *zce*, como consecuencia de la disminución de la barrera de potencial de la unión. Los electrones del lado *n* se inyectan en el lado *p*, donde son minoritarios y donde avanzan por difusión, fundamentalmente, y desaparecen por recombinación con los huecos, bien en el volumen, bien en la superficie de la región *p*. Esta circulación de portadores se ilustra en la figura 2.5(a), y constituye una de las componentes de corriente de diodo, que denominaremos I_{DP} (*V*). De forma análoga se originan las componentes de corriente I_{DN} (*V*), debida a la recombinación de los huecos inyectados en emisor, e I_{DT} (*V*), debida a la recombinación de los electrones y los huecos inyectados en la *zce*, como se muestra en imagen.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

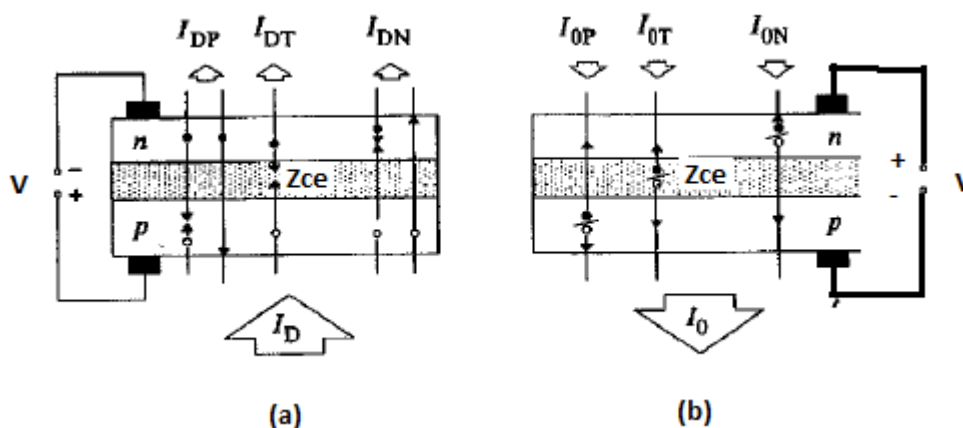


Figura 2.5: componentes internas de las corrientes de polarización.

Si la tensión es de polarización inversa ($V < 0$) se produce, entonces una disminución de la concentración de portadores minoritarios a ambos lados de la zce, como consecuencia del aumento de la barrera de potencial en la unión, dando lugar a una generación térmica de pares electrón-hueco, que son extraídos por el campo de la unión, de forma análoga a los portadores generados por la luz en el caso de la fotocorriente. Las corrientes de polarización inversa, que denominaremos I_{0N} , I_{0P} e I_{0T} circularán por el circuito externo de p a n, como se muestra en la figura 2.5(b). Estas corrientes se sumarán a la fotocorriente cuando exista, pero sus valores son muy pequeños, en comparación y generalmente pueden despreciarse.

Las componentes de corriente de recombinación en las zonas neutras, o componentes de difusión, siguen una dependencia exponencial con la tensión de polarización conocida como ecuación de Shockley del diodo ideal:

$$I_{DN}(V) + I_{DP}(V) = (I_{0N} + I_{0P}) \left[\exp \frac{eV}{kT} - 1 \right] \equiv I_{01} \left[\exp \frac{eV}{kT} - 1 \right] \quad (2.4)$$

Donde k es la constante de Boltzman y T es la temperatura absoluta. La componente de generación/recombinación en la zce presenta también una dependencia exponencial, aunque algo distinta de la anterior:

$$I_{DT}(V) = I_{0T} \left[\exp \frac{eV}{2kT} - 1 \right] \equiv I_{02} \left[\exp \frac{eV}{kT} - 1 \right] \quad (2.5)$$

I_{01} e I_{02} se denominan Corrientes inversas de saturación. Valores de $I_{01} \approx 10^{-12} \text{ A cm}^{-2}$ y de $I_{02} \approx 10^{-7} - 10^{-8} \text{ A cm}^{-2}$, a temperatura ambiente, son habituales en las células de Si monocristalino. Con estos valores es fácil comprobar, que la componente de recombinación en zce domina a tensiones bajas ($\leq 0,4 \text{ V}$), mientras que la de difusión domina en el rango de las tensiones más altas, que se corresponde normalmente con el rango práctico de utilización de las células. Por eso, a veces, se considera únicamente la corriente de difusión como una buena aproximación; o bien se considera una corriente de diodo dada por una sola exponencial del tipo:

$$I_D(V) = I_0 \left[\exp \frac{eV}{mkT} - 1 \right] \quad \text{con} \quad 1 < m < 2 \quad (2.6)$$



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

Como representativa de la suma de ecuaciones 2.5 y 2.6. En el rango de las tensiones bajas ($m \rightarrow 2$ e $I_0 \rightarrow I_{02}$), y para valores altos de la tensión $m \rightarrow 1$ e $I_0 \rightarrow I_{01}$. En el rango de transición entre un comportamiento dominado por la recombinación en zce a uno dominado por una difusión en zonas neutras, I_0 y m son variables con V y carecen de significado físico.

Característica I-V de iluminación.

De acuerdo con la ecuación 2.0, la corriente eléctrica suministrada por una célula solar a una carga viene dada por la diferencia entre la fotocorriente I_L y la corriente de recombinación o de diodo, I_D (V), debida a la polarización producirá por el voltaje generado. Considerando, para simplificar, que la corriente de diodo puede expresarse mediante el modelo de una sola exponencial, la ecuación característica del dispositivo es:

$$I = I_L - I_0 \left[\exp \frac{eV}{kT} - 1 \right] \quad (2.7)$$

La característica I-V representada por esta ecuación tiene la forma estándar que se muestra en la figura.

Esta forma de representación adopta el convenio de signos de considerar positivas las corrientes de generación (que es el contrario al habitualmente utilizado en los circuitos electrónicos que utilizan diodos). Con este convenio, el primer cuadrante del plano I-V corresponde al funcionamiento de la célula entregando corriente a una carga bajo tensión positiva; es decir, corresponde al funcionamiento del dispositivo como generador de energía.

Corriente de cortocircuito y tensión de circuito abierto.

Como puede observarse en la figura, el mayor valor de la corriente en la región de generación se obtiene para condiciones de cortocircuito, $V = 0$. Según la ecuación 2.7, la corriente de cortocircuito I_{SC} , viene dada por:

$$I_{SC} \equiv I(V = 0) = I_L \quad (2.8)$$

Si el dispositivo se mantiene en circuito abierto ($I = 0$), éste se autopolarizará con una cierta tensión, que es la mayor que puede soportar en la región de generación. Se trata de la tensión de circuito abierto V_{OC} y su valor es tal que la fotocorriente queda completamente compensada por la corriente de polarización. Esto es, $I_L = I_D(V_{OC})$, en condiciones de circuito abierto, y teniendo en cuenta la ecuación 2.7, resulta:

$$V_{OC} = m \frac{kT}{e} \ln \left[\frac{I_L}{I_0} + 1 \right] \quad (2.9)$$

La definición de los dos parámetros de operación anteriores permite escribir la característica de la célula de la siguiente manera alternativa:

$$I = I_{SC} \left[1 - \exp \left(\frac{e(V_{OC} - V)}{mkT} \right) \right] \quad (2.10)$$



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

Que puede resultar de utilidad en determinadas ocasiones. La fórmula prácticamente cierta alrededor del circuito abierto, pero su validez para todo el rango de funcionamiento es cuestionable porque los parámetros m e I_0 de la ecuación 2.7 son, en general, variables con el punto de trabajo [2].

2.1.2.3.- Eficiencia.

Para el análisis experimental de las células solares resulta útil introducir un nuevo parámetro, que se denomina eficiencia o rendimiento cuántico y representa el número de electrones que son extraídos de la célula (en condiciones de corto-circuito) por cada fotón incidente. La función $\eta_{qi}(E)$ referida únicamente a los fotones que son reflejados en la superficie y se transmiten hacia el interior del dispositivo (suponiendo que la transmitancia es despreciable):

$$\eta_{qi}(E) = \frac{I_L(E)}{e A_C S(E)[1 - \rho(E, W)]} \quad (2.11)$$

Es decir, la respuesta espectral interna no está afectada por las propiedades de reflexión de la superficie de la célula y de sus posibles tratamientos antirreflectantes. En función de la eficiencia cuántica el cálculo de la fotocorriente viene dado por:

$$\begin{aligned} I_L &= e A_C \int_{E_G}^{\infty} S(E) \eta_{qe}(E) \\ &\equiv e A \int_{E_G}^{\infty} S(E) [1 - \rho(E, W)] \eta_{qi}(E) dE \end{aligned} \quad (2.12)$$

La eficiencia cuántica representa, el efecto combinado de la generación y de la colección de portadores.

La eficiencia cuántica es una magnitud de gran importancia en la práctica para caracterizar el comportamiento interno de las células solares, debido a que es susceptible de medida experimental directa iluminando la célula con luz monocromática de irradiancia conocida y midiendo la corriente de cortocircuito así generada. Naturalmente, su valor es siempre menor que la unidad, pero muchas de las células actuales de interés práctico, puede alcanzar valores muy próximos a la unidad en un rango de energía relativamente ancho.

En la figura 2.6 pueden verse las eficiencias cuánticas espectrales de una célula de Si y de una de GaAs. Para fotones de energía inferior a E_G (longitudes de onda superiores a $\lambda_G = hc/E_G$; siendo h y c la constante de Planck y la velocidad de la luz, respectivamente) las células son transparentes y la respuesta es nula. Para fotones muy energéticos (ondas cortas) la absorción se produce muy cerca de la superficie y gran parte de los portadores fotogenerados se recombinan antes de ser colectados para la fotocorriente, lo que explica la rápida caída de la respuesta que se observa en el rango de las altas energías de la figura 2.6 [2].



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

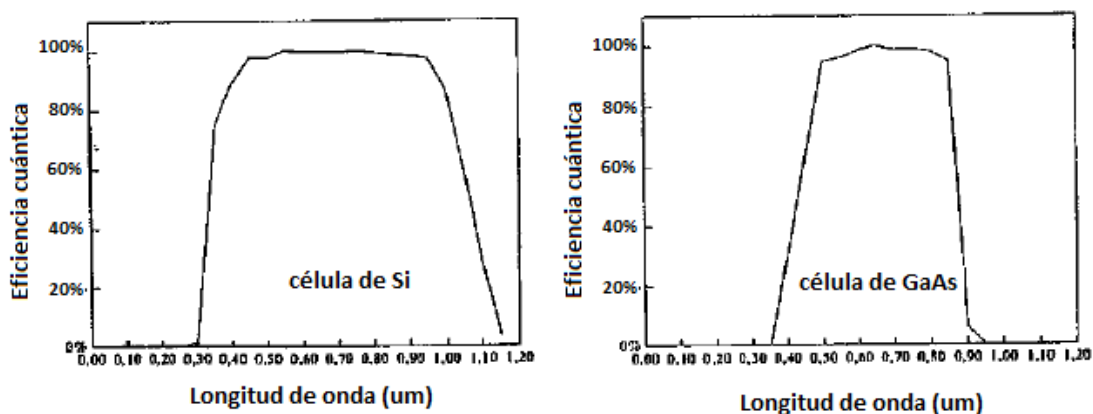


Figura 2.6: Eficiencias cuánticas espectrales de distintas células solares.

2.1.2.4.- Resistencias parasitarias y Circuito equivalente.

La ecuación 2.7 describe analíticamente el comportamiento de una célula solar. En la práctica suele ser muy conveniente describir este mismo comportamiento en términos de elementos del circuito. Esta alternativa resulta especialmente útil cuando se trata de estudiar el comportamiento de muchas células interconectadas en serie y paralelo, como ocurre en un módulo fotovoltaico.

El circuito de la figura 2.7(a) constituido por un diodo de unión p-n ideal de corriente de saturación I_0 y factor de idealidad m y por un generador de corriente de valor I_L , tiene el mismo comportamiento eléctrico que la célula solar descrita por la ecuación 2.7, como resulta obvio analizando las corrientes que confluyen en cualquiera de los nudos. Este es por tanto el circuito equivalente del dispositivo intrínseco.

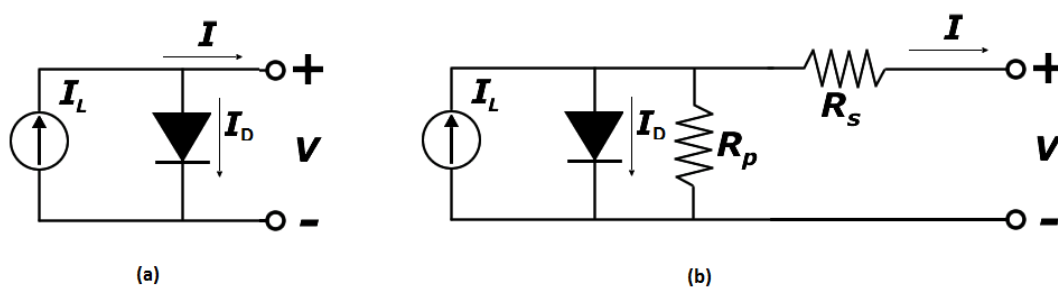


Figura 2.7: Circuitos equivalentes de una célula solar.

Sin embargo, en una célula solar real existen otros efectos, no considerados en la ecuación que afectan al comportamiento externo de la misma. De estos efectos extrínsecos podemos considerar al menos dos: los de resistencia serie y los de fugas de corriente proporcionales a la tensión, que suelen caracterizarse por una resistencia paralelo. Ambos efectos tienen un carácter distribuido en el dispositivo y no siempre pueden representarse por un parámetro de resistencia de valor constante. No obstante, desde un punto de vista práctico y funcional, la representación de ambos efectos por resistencias concentradas, como se indica en el circuito equivalente de la figura 2.7(b) es una solución muy aceptable y extremadamente útil.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

La resistencia paralelo tiene su influencia mayor en la región de las bajas tensiones, en la que la corriente que circula por el diodo del circuito equivalente es muy pequeña. El origen de esta resistencia puede deberse a fugas de corriente por la superficie de los bordes de la célula, a caminos de difusión a lo largo de dislocaciones o fronteras de grano (cuando existan), a pequeños cortocircuitos metálicos, etc. Pero aunque su origen y su estudio riguroso sea complejo en general, en muchos casos de interés práctico, como en el de las células de silicio cristalino actuales, el efecto de resistencia paralelo no tiene apenas importancia en funcionamiento normal y menos aún en funcionamiento bajo luz concentrada.

No ocurre lo mismo con la resistencia serie, que debe su origen a la resistencia de los contactos metálicos con el semiconductor, a la ofrecida por las propias capas semiconductoras (algunas de ellas recorridas lateralmente por las corrientes) y la resistencia de los dedos metálicos que constituyen la rejilla o malla de metalización frontal.

Teniendo en cuenta R_s y R_p , la ecuación de célula será:

$$I = I_L - I_0 \left[\exp \frac{e(V + IR_s)}{m kT} - 1 \right] - \frac{V + IR_s}{R_p} \quad (2.13)$$

Según se sigue del análisis de nudos del circuito equivalente de la figura 2.7.

El efecto de la resistencia paralelo, cuando es suficientemente pequeña, es el de reducir la tensión de circuito abierto y el factor de forma, sin afectar a la corriente de cortocircuito. Una alta resistencia serie por el contrario, reduce el factor de forma y la corriente de cortocircuito, sin afectar a la tensión de circuito abierto. En cortocircuito, aun cuando la tensión externa es cero, la unión se encuentra polarizada por una tensión de valor $I_{SC}R_s$, producida por la circulación de la corriente a través de R_s . Esta polarización da lugar a una corriente de diodo que se opone a I_{SC} . El efecto sobre I_{SC} no es, sin embargo muy acusado en las células prácticas, en las que R_s se limita, mediante un diseño adecuado, a un valor suficientemente bajo. No sucede lo mismo con su efecto sobre la degradación de forma, que puede ser muy importante y determinante de un bajo rendimiento de dispositivo, sobre todo, en aquellas células que trabajan con altos niveles de corriente debido a la iluminación mediante luz concentrada por medios ópticos. Como orientación de tipo práctico puede decirse que en una célula bien diseñada, el producto $I_{SC}R_s$ no debe ser mucho mayor kT/e (unos 25mV, a temperatura ambiente). [2].

2.2.- Descripción de los componentes

En general un sistema fotovoltaico conectado a red puede incluir los elementos siguientes:

- Un generador fotovoltaico.
- Un generador auxiliar, que complemente al anterior en los momentos de insuficiente radiación.
- Inversores.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

- Un conjunto de equipos que actúan de interfaz entre todos los definidos anteriormente y ejercen funciones de protección y control. Genéricamente, se agrupan bajo el nombre de acondicionamiento de potencia.

En un sistema particular, alguno de estos elementos puede no existir. Con excepción del generador fotovoltaico.

2.2.1.- Célula fotovoltaica.

Para su empleo práctico, las células solares se asocian eléctricamente en diferentes combinaciones que permiten obtener los valores de corriente y voltaje necesarios para una aplicación determinada y se encapsulan entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie. El conjunto de células, conexiones, protecciones, soportes, etc., constituye lo que llamaremos el generador fotovoltaico.

2.2.2.- Generador Fotovoltaico.

Un problema que el ingeniero ha de resolver con frecuencia es la predicción del comportamiento eléctrico de un generador fotovoltaico, partiendo de información sobre la constitución del propio generador y sobre la meteorología del lugar donde está instalado.

Como ya se ha citado anteriormente, la curva característica, I-V, de una célula solar puede expresarse con suficiente aproximación como:

$$I = I_L - I_0 \left[\exp \frac{V - IR_S}{V_T} - 1 \right] - \frac{V + IR_S}{R_P} \quad (2.14)$$

Donde I_L , I_0 , R_S y R_P son respectivamente la corriente de generación, la corriente de oscuridad, la resistencia serie y la resistencia paralelo de la células y $V_T = mkT/e$ (sabiendo que, con $m=1$, V_T (300 K) ≈ 25 mV).

Esta expresión representa adecuadamente el funcionamiento de la célula. Sin embargo, no puede utilizarse directamente para abordar predicción mencionada, puesto que alguno de los parámetros que involucra su manejo, en particular I_L e I_0 , no tienen una medida directa y son difíciles de conocer.

Por esta razón, conviene desarrollar otros métodos cuya utilización requiera exclusivamente del manejo de información estandarizada y por ello, ampliamente disponible: Por un lado, parámetros que caracterizan el comportamiento eléctrico de las células en unas condiciones particulares de medida aceptadas universalmente y denominadas estándares. Y por otro, la radiación solar incidente y la temperatura ambiente del lugar. Ambas informaciones están disponibles en catálogos de los fabricantes y en los informes de los organismos meteorológicos oficiales.

El desarrollo y utilización de tales métodos constituyen el principal objeto de este capítulo que se completa con un conjunto de consideraciones de orden práctico que deben ser tenidas en cuenta a la hora del diseño.

Para hacer posible su manejo práctico, los fabricantes expiden al mercado las células solares en grupos de ellas, asociadas eléctricamente entre si y encapsuladas en un único bloque que la costumbre ha



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

dato en llamar panel o módulo fotovoltaico, y que constituye el elemento básico con el que se construyen los generadores fotovoltaicos.

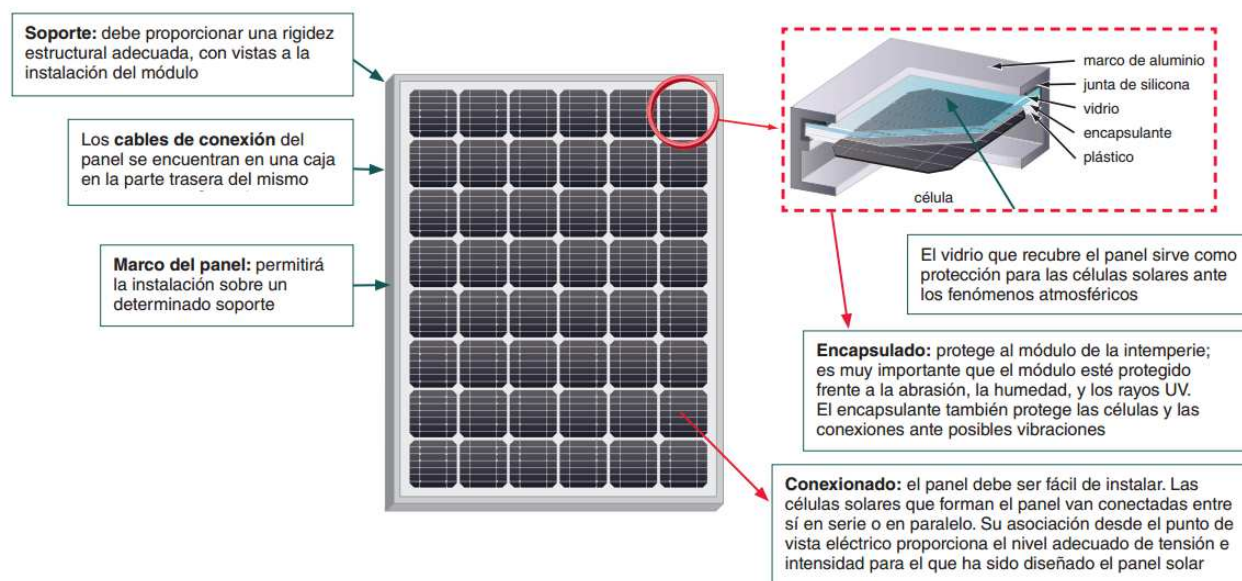


Figura 2.8: Constitución de un módulo fotovoltaico

El módulo fotovoltaico proporciona los niveles de voltaje y corriente adecuados a cada aplicación, protege a las células frente a las agresiones de los agentes de la intemperie, las aísla eléctricamente del exterior y, por último da rigidez mecánica al conjunto.

El tiempo de vida de los módulos en condiciones normales de operación, debe ser superior a 20 años y viene determinado por la duración del encapsulado que debe ser impermeable al agua y resistir la fatiga térmica y la abrasión. Otras características de interés son la facilidad de instalación y limpieza, la disipación de calor de las células y el bajo coste.

El mercado ofrece diferentes tipos de módulos. El más característico está constituido por entre 30 y 36 células solares de silicio cristalino, todas de igual tamaño, asociadas en serie y encapsuladas entre una lámina de vidrio o de tedlar que cubre la cara posterior. En función del campo de las células, la superficie de este módulo típico varía entre el 0,1 y el 0,5 m². Presenta dos bornas de salida, positiva y negativa y a veces, alguna intermedia para permitir la instalación de diodos de protección. [2]

2.2.2.1.- Condiciones estándares y TONC.

El comportamiento eléctrico de un módulo fotovoltaico, es decir su característica I-V, bajo unas determinadas condiciones de iluminación y temperatura, puede obtenerse a partir de la información característica que, conjuntamente con el módulo, debe suministrar el fabricante y que está constituida por varios parámetros obtenidos en unas condiciones estándares de medida, de uso universal y definidas como sigue:



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

Irradiancia	100 mW/cm ² (o 1kW/m ²)
Distribución espectral	AM 1.5
Incidencia normal	
Temperatura de la célula	25° C

En estas condiciones se miden, al menos, la potencia máxima que puede entregar el módulo, P_{MAXM} , la corriente de cortocircuito, I_{SCM} y el voltaje de circuito abierto, V_{OCM} .

La caracterización del módulo se completa con la medida de la Temperatura de Operación Nominal de la Célula, TONC, definida como la temperatura que alcanzan las células solares cuando se somete al módulo a las siguientes condiciones de operación:

Irradiancia	80 mW/cm ² (u 800 W/m ²)
Distribución espectral	AM 1.5
Incidencia normal	
Temperatura ambiente	20° C
Velocidad del viento	1 m/s

[1]

2.2.2.2.- Comportamiento en condiciones cualesquiera de operación.

Es frecuente que en los catálogos de los fabricantes incluyan otra información adicional, como la curva I-V a varias iluminaciones y temperaturas, etc. No obstante, bajo los supuestos establecidos en el apartado anterior, el conocimiento de los cuatro parámetros mencionados es suficiente para calcular la curva I-V del módulo en cualquier condición de operación definida por un valor de irradiancia, G , y un valor de temperatura ambiente, T_a .

Para abordar este cálculo, un buen compromiso entre sencillez y exactitud consisten en aceptar como válidas las siguientes hipótesis:

- 1- La corriente de cortocircuito de una célula solar depende exclusivamente de la irradiancia y a través de una función lineal. Es decir:

$$I_{SC}(G) = C_1 G \quad (2.15)$$

Donde C_1 es una constante de valor:

$$C_1 = \frac{I_{SC}(100 \frac{mW}{cm^2})}{100 \frac{mW}{cm^2}}$$



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

Esta hipótesis supone despreciar los efectos sobre I_{SC} , de la temperatura de las células y de la distribución espectral de la radiación. En condiciones reales de operación, el error que ello supone, es inferior al 0,5 %.

- 2- El voltaje de circuito abierto de un módulo depende exclusivamente de la temperatura de las células solares, T_C , Y en el margen de condiciones reales de operación:

$$\frac{dV_{OC}}{dT_C} = -2,3 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$$

Esta hipótesis supone despreciar los efectos sobre V_{OC} de la iluminación, lo que puede resultar extraño. Sin embargo, la fuerte variación de I_0 , con la temperatura hace que el error debido a no considerar la variación de I_{SC} sea típicamente inferior al 1%.

- 3- La temperatura de trabajo de las células depende exclusivamente de la irradiancia y de la temperatura ambiente, según la función lineal:

$$T_C - T_a = C_2 G \quad (2.16)$$

Donde C_2 es una constante de valor:

$$C_2 = \frac{TONC (^{\circ}\text{C}) - 20}{80 \text{ mW}/\text{cm}^2}$$

Esta hipótesis supone despreciar los efectos, sobre T_C , de la velocidad del viento, o lo que es lo mismo, pensar que la disipación del calor desde las células al ambiente está dominada por los mecanismos de conducción a través del encapsulado, frente a los de convección en la superficie de este último. Existe una amplia evidencia experimental de que esto es verdad.

El valor de TONC de los módulos que constituyen el mercado actual, oscila entre 42 y 46 $^{\circ}\text{C}$, con lo que el valor de C_2 lo hace entre 0,27 y 0,32 $^{\circ}\text{C}/(\text{mW}/\text{cm}^2)$. Una aproximación razonable, cuando no se conoce el valor de TONC, es suponer $C_2 = 0,3 \text{ }^{\circ}\text{C}/(\text{mW}/\text{cm}^2)$.

- 4- La resistencia serie es una característica de las células solares, independiente de las condiciones particulares de operación. Interesa notar que su valor viene dado por la expresión:

$$R_S = \left(1 - \frac{FF}{FF_0}\right) \frac{V_{OC}}{I_{SC}} \quad (2.17)$$

Y que puede determinarse, a partir de los parámetros obtenidos en las condiciones estándares de medida y teniendo en cuenta que:

$$P_{MAX} = \frac{P_{MAXM}}{N_{SM} N_{PM}} \quad (2.18)$$

$$V_{OC} = \frac{V_{OCM}}{N_{SM}} \quad (2.19)$$

$$I_{SC} = \frac{I_{SCM}}{N_{PM}} \quad (2.20)$$

Donde N_{SM} y N_{PM} son respectivamente, el número de células asociadas en serie y en paralelo en el módulo fotovoltaico. [2].



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

2.2.2.3.- Interconexión de módulos fotovoltaicos.

No conectaremos nunca entre sí módulos de distintas características ni de distintos fabricantes. Existen tres posibilidades:

- 1.- *Conexión en paralelo.* Se conectan entre sí todos los polos positivos y todos los polos negativos.
- 2.- *Conexión en serie.* La conexión se hace del polo positivo de uno al negativo del siguiente.
- 3.- *Conexión mixta serie/paralelo.* Intervienen ambos conexiones pero teniendo en cuenta que los conjuntos interconectados en serie o en paralelo deben tener las mismas características, es decir, tener el mismo número de módulos y estar conectados de forma igual.

Para conseguir la potencia deseada en el generador fotovoltaico es necesario interconectar los módulos. La potencia pico total del generador P_{pG} viene dada por el producto entre la potencia pico del módulo P_{pM} y el número de módulos N_T .

$$P_{pG} = P_{pM} \times N_T$$

Sin embargo, podemos definir la tensión de trabajo del sistema, para un número dado de paneles, según el conexionado que hagamos, sin afectar a la potencia. Cuando conectamos los módulos en paralelo la tensión del generador es la tensión original del módulo y la intensidad de salida es la multiplicación de la intensidad de un módulo por el número de módulos en paralelo N_P :

$$I_G = i_m \times N_P$$

En el conexionado en serie, la tensión de salida es la tensión del módulo por el número de módulos en serie N_S , y la intensidad es la que produciría un módulo individualmente:

$$V_G = v_M \times N_S$$

Para el conexionado serie-paralelo, la tensión de salida es el producto del número de módulos en serie por la tensión del módulo y la intensidad es el número de módulos en paralelo por la intensidad del módulo. El número total de módulos N_T será:

$$N_T = N_P \times N_S$$

Combinando módulos en serie y en paralelo conseguimos la tensión de trabajo deseada y el suministro de intensidad acorde con los cálculos para satisfacer las necesidades energéticas de la instalación. La elección de la tensión de trabajo se hace en función de la potencia a instalar y de la tensión de trabajo de los consumos, de la longitud de los conductores y de la sección necesaria de los mismos que debe ser, como veremos, proporcional a la intensidad que circula por ellos, y del análisis de costos de cada configuración posible.

El diseño de la estructura soporte debe tener en cuenta el interconexionado para determinar la disposición óptica de los módulos, minimizando de este modo el cableado, sobre todo en instalaciones de mediano y gran tamaño.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

2.2.3.- Inversores.

La corriente generada en el campo de paneles y suministrada por las baterías es continua, y aunque existe un mercado especializado en aparatos que funcionan en CC a 12, 24 e incluso 48 V, el precio de los mismos y la dificultad, en ocasiones, de encontrar repuestos hace recomendable el plantearse la implementación de un inversor que transforme la corriente continua en alterna a 220 V y 50 Hz, que son características de la corriente suministrada por las compañías a nuestros hogares. Los convertidores más habituales en la actualidad son los estáticos (electrónicos); ya que se puede convertir la corriente de continua a alterna acoplando en el eje un motor de C.C con un alternador y tendríamos un convertidor dinámico. El tipo de onda suministrada por el inversor puede ser de más o menos calidad en función del modelo, la onda puede ser cuadrada, cuadrada modificada o senoidal pura. Casos particulares son los inversores de grandes instalaciones conectadas a red, o los inversores para medianos y grandes sistemas de bombeo cuya alimentación es directa del campo de paneles y que ajustan la frecuencia de la corriente de salida para regular la velocidad de giro del grupo motor-bomba. Los convertidores deben estar provistos de protección contra inversión de polaridad en la entrada, contra cortocircuitos en la salida, contra baja o alta tensión de entrada, contra sobrecargas (conexión de consumos de más potencia que la que es capaz de suministra el inversor). Por otro lado es conveniente que si entran en alguna situación de desconexión llevan a rearmarse en el momento en que se restablezcan las condiciones de diseño. La calidad de un convertidor tiene dada también por su eficiencia energética en la conversión. El rendimiento de un convertidor se hace máximo al trabajar en las condiciones de potencia máxima para las que ha sido diseñado y éste debe estar como mínimo por encima del 80%; los convertidores suministrados por las empresas especializadas en productos fotovoltaicos presentan rendimientos a potencia nominal superiores al 90%.



Figura 2.9: Inversor fotovoltaico

Los inversores para conexión de sistemas fotovoltaicos a la red eléctrica son dispositivos electrónicos de potencia, que se conectan directamente a un generador FV (en su parte DC) y a la red eléctrica (en su parte AC), utilizados básicamente para transformar la energía DC producida por el generador FV e inyectarla a la red eléctrica. Para optimizar el grado de aprovechamiento del generador FV deben seguir el punto de máxima potencia. Además deben trabajar con el máximo rendimiento, generando energía con una determinada calidad (baja distorsión armónica, elevado factor de potencia, bajas interferencias



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

electromagnéticas) y también cumplir determinadas normas de seguridad (para personas, equipos y la red eléctrica).

Dentro de los requerimientos específicos de operación en conexión a red, el inversor fotovoltaico también ha de operar dentro de unos márgenes de tensión y frecuencia de salida, así como no afectar la distorsión armónica de la onda de tensión de la red. En cuanto a la distorsión armónica de la onda de corriente inyectada a la red, ha de cumplir con la normativa vigente que requiere una distorsión armónica de la onda de corriente del 5% para una distorsión armónica de la onda de tensión del 2%. La normativa no especifica el nivel de potencia AC para la que esta condición ha de cumplirse. Habitualmente la distorsión armónica total de la onda de corriente aumenta cuando disminuye la potencia de operación. También acostumbra a ser requerimiento de la normativa el que los inversores de conexión a red dispongan de aislamiento galvánico o equivalente entre la red y la instalación. Este aislamiento puede ser mediante transformadores de baja frecuencia (LF) o mediante transformadores de alta frecuencia (HF). El aislamiento galvánico DC-AC tienen una influencia significativa no sólo en el rendimiento de los inversores, sino también en su peso (más pesados los LF que los HF), facilidad de instalación e incluso en las medidas de seguridad de la instalación.

En cuanto a las configuraciones del sistema, se pueden clasificar en:

- Inversores centrales.
- Inversores modulares o "string inverters".
- Inversores integrados en módulos FV o módulos AC.

Los inversores centrales son los utilizados habitualmente en grandes instalaciones FV (20 a 400 kW) en las que el generador FB se conecta en ramas en paralelo y la conversión DC/AC está centralizada en un solo inversor.

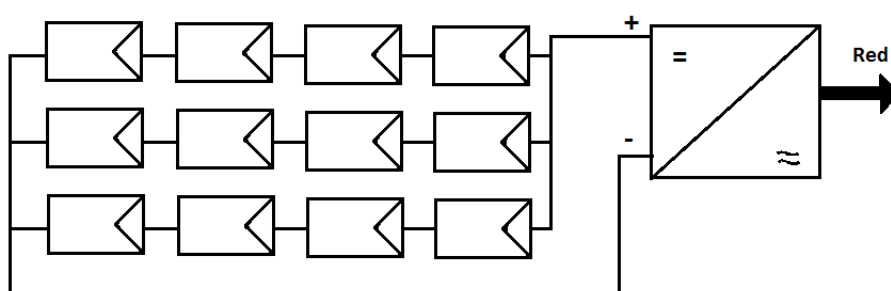


Figura 2.10: Inversor central

El concepto de inversor "string" fue introducido en el verano de 1995 en el mercado Europeo cuando el fabricante de inversores SMA lanzó el modelo SWR 700. Los inversores "string" están basados en un concepto modular en el que varias ramas de un generador FB se conectan a inversores en el rango de potencia de 1 a 3 kW. Con este concepto se han construido centrales FV de potencias superiores a 1 MWp.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

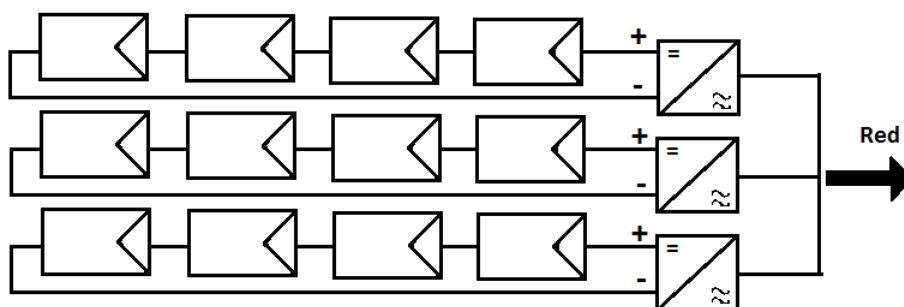


Figura 2.11: Inversor "String"

Un módulo AC es una combinación integrada de un único módulo FV y un inversor.

El concepto de inversor "string" es el más impuesto en el mercado de conexión a red, para integración en edificios. [1]

2.2.4.- Estructura de soporte.

La utilización de una estructura de soporte adecuada facilita las labores de instalación y mantenimiento, minimiza la longitud del cableado, evita problemas de corrosión y hace agradable la vista del generador en su conjunto. Se han ensayado una gran variedad y la experiencia habida con ellas muestra que, independientemente de su morfología, una estructura soporte debe cumplir las siguientes condiciones:

- Soportar vientos de 100 a 150 km/h.
- Situar a los módulos a una altura sobre el suelo superior a 1 m.
- Estar constituida por material es resistentes a la corrosión Los mejores resultados se han logrado con acero galvanizado en caliente y con aluminio anodizado.
- Emplear para la sujeción de los módulos, tornillería de acero inoxidable, exclusivamente.
- Estar eléctricamente unida a una toma de tierra que cumpla con las especificaciones del Reglamento de Baja Tensión.
- Asegurar un buen contacto eléctrico entre el marco del módulo y la tierra, para permitir la protección de las personas frente a posibles pérdidas de aislamiento en el generador.
- Favorecer la integración estética de los generadores en el medio en el que funciona.

[1]

2.2.5.- Cableado y elementos de conexión.

Un cableado adecuado debe limitar las caídas de tensión y asilar eléctricamente a las células y contactos del exterior, para evitar la posibilidad de contactos fortuitos que pueden ser peligrosos con voltajes elevados. Para ello, debe satisfacer las condiciones siguientes:

- Disponer de cables incluidos en algunos de estos casos:



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

- Estar aislados de la intemperie por un tubo protector.
 - Tener una funda aislante constituida por algún material cuya temperatura de servicio alcance 90°C.
 - Estar enterrado sobre un lecho de arena y en una zanja de, al menos, 40 cm de profundidad.
- b) Disponer de cables con una sección tal que asegure que la caída de tensión en el conjunto del generador y entre éste y la entrada de la siguiente etapa de la instalación (regulador, inversor, etc.) no supera el 1% de la tensión nominal, en cualquier condición de operación.
- c) Disponer de cajas de conexiones estancas y situadas a más de 50 cm sobre el nivel del suelo.

2.2.6.- Equipos de medidas y monitorización.

Un sistema de monitorización debe ser un sistema que permita conocer el estado de la instalación y de los parámetros meteorológicos en el momento de estudio. Para ello se hace uso de una serie de instrumentos de medida y de adquisición de datos como los que se describen a continuación. [1]

2.2.6.1.- Medición de la Radiación Solar.

Aunque existen bastantes formas de medir la radiación solar, normalmente se utilizan como instrumentos los piranómetros y las células de tecnología equivalente.

Los ***piranómetros*** son instrumentos que miden la irradiancia “global” con simetría hemiesférica. Suelen utilizar piranómetros de dos tipos, los de tipo termopila son más precisos y más caros y se basan en el efecto termoeléctrico: la radiación recibida es absorbida por una superficie negra, que calienta un conjunto de termopares produciendo una tensión que es proporcional a la irradiancia.

El elemento detector de los piranómetros es una pila termoeléctrica, consistente en varios termopares en serie y proporcionan una tensión proporcional a la irradiancia global incidente. Se caracterizan por su precisión, respuesta coseno y respuesta espectral, factores que determinan su coste. Otro tipo de piranómetros utilizan pequeñas células fotovoltaicas o fotodiodos como sensores de irradiancia, cuya corriente es proporcional a la irradiancia recibida. Ambos tipos de sensores deben ser calibrados regularmente.



Figura 2.13: Piranómetro



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

Las **células de tecnología equivalente (CTE)** o células de referencia calibradas ofrecen otro modo de medida de la irradiancia que además es muy adecuado para la medida de la operación de los módulos FV, debido a la corrección del fenómeno de respuesta espectral e incidencia angular. Estas células han de ser del mismo tipo que las de los módulos a evaluar. Normalmente estas células son calibradas en laboratorios especializados bajo unas determinadas condiciones de espectro solar (normalmente bajo el espectro de referencia AM1,5G) y pueden dar diferentes medidas si operan con diferentes espectros, lo que también ocurre con los módulos y generadores FV. Utilizando CTE para medir la irradiancia es posible medir la potencia eléctrica de los módulos como si estuviesen en condiciones espectrales de AM1,5G. Las CTE normalmente se encuentran encapsuladas y enmarcadas del mismo modo que los módulos FB, y la célula activa se rodea de células inactivas para que su comportamiento sea lo más parecido posible al de los módulos FV.

La medida de la radiación solar directa se realiza mediante *pirheliómetros*, que se enfocan directamente al disco solar montados en seguidores solares de precisión. Se caracterizan por exhibir un pequeño ángulo de aceptación, 6° , de forma que montados en un dispositivo de seguimiento solar en dos ejes, son capaces de detectar la radiación proveniente directamente del disco solar. Son instrumentos de elevadas precisiones que pueden ser utilizados para calibración de piranómetros. Los fabricantes más difundidos son Eppley (USA) y Kipp & Zonen (Holanda) y pueden compensar automáticamente los efectos de la temperatura ambiente.

Otros instrumentos solarímetros que han sido utilizados son el **Heliógrafo**, cuyo objetivo es registrar el número de horas de sol, en general del tipo Campbell-Stokes, está compuesto por una esfera de vidrio que focaliza la radiación sobre una banda de papel que se quema ligeramente por el efecto de la radiación focalizada. Las medias así obtenidas son muy variables y dependen tanto de la pericia de la persona que lee las cartas ensombrecidas (quemadas) como de la humedad relativa y tipo de papel. El **Actinógrafo** y **Piranógrafo** permitía la medida de la radiación solar global o difusa, basados en dilataciones térmicas en diferentes tiras de material y su registro mecánico sobre bandas de papel. Estos instrumentos están actualmente en desuso.



Figura 2.14: Heliógrafo



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

Por otro lado, está el **pirorradiómetro**, que permite evaluar toda la energía radiactiva que recibe una superficie, incluyendo la radiación solar global y la radiación infrarroja que viene de la atmósfera. La combinación de dos pirorradiómetros en un solo equipo de medición, con uno expuesto hacia arriba y el otro hacia la superficie, permite medir el balance neto radiactivo a nivel de superficie. Los sensores son similares a los otros equipos de radiometría. Los sensores se protegen mediante cúpulas de silicona. Para evitar la condensación interior, se inflan con aire con bajo contenido de vapor de agua.

2.2.6.2.- Medición del caudal/velocidad de aire.

Para la medición de la velocidad del aire se usa el anemómetro o anemógrafo.

En meteorología, se usan principalmente los **anemómetros de cazoletas** o de **molinete**, una especie de pequeño molino de tres aspas con cazoletas sobre las cuales actúa la fuerza del viento; el número de vueltas puede ser leído directamente en un contador o registrado sobre una banda de papel (*anemograma*), en cuyo caso el aparato se denomina **anemógrafo**. Aunque también los hay de tipo electrónicos.



Figura 2.15: Anemómetro de cazoletas.

Para medir los cambios repentinos de la velocidad del viento, especialmente en las turbulencias, se recurre al **anemómetro de filamento caliente**, que consiste en un hilo de platino o níquel calentado eléctricamente: la acción del viento tiene por efecto enfriarlo y hace variar así su resistencia; por consiguiente, la corriente que atraviesa el hilo es proporcional a la velocidad del viento.

2.2.6.3.- Medición de la dirección del viento.

La dirección del viento es el punto cardinal desde el que se origina éste y se mide con la **veleta**. Las veletas tienen indicadas en la parte inferior las direcciones de los vientos con los puntos cardinales y los puntos intermedios, conformando así lo que se conoce como rosa de los vientos, que se emplean con una brújula en los mecanismos de navegación de las embarcaciones desde hace muchos siglos.

El diseño de una veleta es tal que el peso está distribuido equitativamente a cada lado del eje pivotante así el puntero pueda moverse libremente en su eje, pero el área de superficie está dividida desigualmente. El lado con el área superficial de mayor envergadura es soplada lejos de la dirección del viento, así el lado menor, con el puntero, es pivotado para ponerse de cara hacia la dirección del viento.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED



Figura 2.16: Veleta sencilla.

2.2.6.4.- Medición de la humedad.

El grado o cantidad de humedad de aire se mide con el higrómetro. Cuando el higrómetro marca el 100% se dice que el aire está saturado, es decir, contiene el máximo de humedad y es incapaz de admitir más vapor de agua.

Un higrómetro o hidrógrafo es un instrumento que se utiliza para medir el grado de humedad del aire, u otro gas.

- El higrómetro de absorción utiliza sustancias químicas higroscópicas, las cuales absorben y exhalan la humedad, según las circunstancias que los rodean.
- El higrómetro eléctrico está formado por dos electrodos arrollados en espiral. Si se aplica a estos electrodos una tensión alterna, el tejido se calienta y se evapora una parte del contenido de agua. A una temperatura definida, se establece un equilibrio entre la evaporación por calentamiento del tejido y la absorción de agua de la humedad ambiente por el cloruro de litio, que es un material muy higroscópico. A partir de estos datos se establece con precisión el grado de humedad.

Otras sustancias tienen la propiedad de cambiar de color por efecto de la humedad; por ejemplo el cloruro de cobalto se muestra azul en el sensor integrado de temperatura y humedad. (Sensirion SHT11)

La unidad de medida se señala en porcentaje (%).

2.2.6.5.- Medición de la temperatura.

Para la medida de la temperatura ambiente generalmente se utilizan sondas de temperatura. Una sonda es un dispositivo que, por medios mecánicos o eléctricos, transmite de un lugar (emisor) a otro (receptor) la temperatura existente en el emisor. Existe una gran variedad de dispositivos de medición pero sin duda son los sensores de tipo eléctrico los que más extensión tiene hoy día en la medición de temperatura.

Las sondas más conocidas son las termorresistivas que trabajan según el principio de que en la medida que varía la temperatura, su resistencia se modifica, y la magnitud de esta modificación puede relacionarse con la variación de temperatura. Tienen elementos sensitivos basados en conductores



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

metálicos, que cambian su resistencia eléctrica en función de la temperatura. Este cambio en resistencia.

Usualmente la temperatura atmosférica se mide en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$), pero también existe otras escalas para medir la temperatura, como la de grados Fahrenheit o Kelvin.

2.2.6.6.- Sistema de Adquisición de datos: Datalogger.

La adquisición de datos o adquisición de señales, se realiza tomando un conjunto de señales físicas, que se convierten en tensiones eléctricas y posteriormente se digitalizan para poder procesarlas en un ordenador. Por norma general la señal en la salida del sensor tendrá que pasar por una etapa de acondicionamiento para que la señal pueda ser transformada correctamente a señal digital, amplificándola, disminuyéndola o filtrándola. El elemento que hace la transformación es la tarjeta de Adquisición de Datos (DAQ).

Un **registrador de datos** (datalogger) es un dispositivo electrónico que registra datos en el tiempo o en relación a la ubicación por medio de instrumentos y sensores propios o conectados externamente. Casi todos están basados en microcontroladores. Por lo general son pequeños, con pilas, portátiles, y equipados con un microprocesador, memoria interna para almacenamiento de datos y sensores. Algunos registradores de datos se comunican con un ordenador personal y utilizan software específico para activar el registrador de datos, ver y analizar los datos recogidos, mientras que otros tienen un dispositivo de interfaz local (teclado, pantalla LCD) y puede ser utilizado como un dispositivo independiente.

La normalización de los protocolos y formatos de datos siempre ha sido un problema, pero ahora la normalización es cada vez mayor en la industria y el lenguaje XML está siendo el más adoptado para el intercambio de datos. Como recurso para asegurar la lectura de los datos, la mayoría de los fabricantes da la posibilidad de exportar directamente o a través del software el formato ASCII o TXT.

Varios protocolos se han normalizado, algunos fabricantes de dataloggers también están apoyando el estándar MODBUS, este se ha utilizado tradicionalmente para control industrial y existen numerosos instrumentos industriales que soportan este estándar de comunicación. Otro protocolo que empieza a ser más ampliamente utilizado se basa en Can-bus (ISO 11898). Algunos dataloggers utilizan un entorno de programación flexible para adaptarse a los diversos protocolos estándar.

Los registradores más modernos además funcionan como servidores de páginas web dinámicas que pueden ser consultados de forma remota.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

2.3.- Normativa y Reglamentación aplicables

A continuación se recogen las principales leyes que regulan la generación fotovoltaica en nuestro país:

- **Real Decreto 413/2014**, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- **Real Decreto-ley 2/2013**, de 1 de febrero, de medidas urgentes en el sistema eléctrico y en el sector financiero. En donde se modifica el Real Decreto 661/2007 del 25 de Mayo.
- **Ley 15/2012**, de 27 de diciembre, en donde se establecen las medidas fiscales para la sostenibilidad energética.
- **Real Decreto-ley 1/2012**, de 27 de enero, por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos.
- **Real Decreto 1699/2011**, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- **Real Decreto 1565/2010**, de 19 de noviembre, por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- **Real Decreto-ley 14/2010**, de 23 de diciembre, por el que se establecen medidas urgentes para la corrección del déficit tarifario del sector eléctrico.
- **Real Decreto-ley 6/2009**, de 30 de abril, por el que se adoptan determinadas medidas en el sector energético y se aprueba el bono social.
- **Ley 4/2009, de 14 de mayo, de Protección Ambiental Integrada** que sustituye la **Ley 1/1995, de 8 de Marzo**, de Protección del Medio Ambiente en la Región de Murcia. Tiene por objeto establecer un sistema de normas adicionales de protección del medio ambiente en la Región de Murcia, los procedimientos administrativos para la concesión de autorizaciones, la elaboración de las declaraciones de impacto ambiental y calificación ambiental para las industrias o actividades potencialmente contaminantes o que alteren el medio ambiente, y el desarrollo de la legislación básica del Estado sobre calidad ambiental.
- **Real Decreto 1578/2008, de 26 de Septiembre** de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología. Constituye el objeto de este real decreto el



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

establecimiento de un régimen económico para las instalaciones de producción de energía eléctrica de tecnología fotovoltaica a las que no les sea de aplicación los valores de la tarifa regulada previstos en el artículo 36 del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, de acuerdo con lo previsto en el 9.1 del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo.

El real decreto será de aplicación a las instalaciones del grupo b.1.1 del artículo 2 del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, instalaciones de tecnología fotovoltaica, que obtengan su inscripción definitiva en el Registro administrativo de instalaciones de producción en régimen especial dependiente de la Dirección General de Política Energética y Minas con posterioridad al 29 de septiembre de 2008.

- **Real Decreto 661/2007**, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- **Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto**, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- **Ley 13/2007, de 27 de Diciembre**, de modificación de la ley 1/1995, de 8 de Marzo, de Protección de Medio Ambiente de la Región de Murcia, y de la Ley10/2006, de 21 de Diciembre, de Energías Renovables y Ahorro y Eficiencia Energética de la Región de Murcia, para la Adopción de Medidas Urgentes en Materia de Medio Ambiente. Se otorga a los ayuntamientos la competencia para la calificación de las actividades residuales y se suprime el trámite relativo al acta de puesta en marcha y funcionamiento de la actividad por corresponder al órgano sustantivo, y no al ambiental, la verificación de la adecuación de la actividad a las prescripciones de la evaluación o calificación ambiental antes de su inicio.
- **Ley 10/2006, de 21 de Diciembre**, de Energías Renovables y Ahorro y Eficiencia Energética de la Región de Murcia. El objeto de esta Ley establecer las bases de una política energética sostenible en la Región de Murcia, promoviendo el aprovechamiento de los recursos energéticos renovables, así como el ahorro y la eficiencia energética desde la producción hasta el consumo, reduciendo la dependencia energética exterior y la afección al medio ambiente, potenciando una mayor solidaridad ambiental en el uso de la energía.
- **Real Decreto 842/2002** de 2 de agosto por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- **Real Decreto 1663/2000**, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión. En este Real Decreto se recogen las condiciones administrativas y técnicas de conexión de las instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión, así como los trámites necesarios para formalizar el contrato de compra-venta de energía eléctrica a la compañía distribuidora de electricidad.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

Este Real Decreto es de aplicación a las instalaciones fotovoltaicas de potencia nominal no superior a 100 kVA y cuya conexión a red se efectúe en baja tensión.

- **Real Decreto 1955/2000**, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- **Ley 54/1997**, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, enuncia, entre sus objetivos, la garantía de suministro y la calidad del mismo al menor coste posible, la mejora de la eficiencia energética, la reducción del consumo y la protección del medio ambiente.
- **UNE EN 61215:1997** "Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para aplicación terrestre. Cualificación del diseño y aprobación tipo".
- **UNE EN 61646:1997** "Módulos fotovoltaicos (FV) de lámina delgada para aplicación terrestre. Cualificación del diseño y aprobación tipo".
- **Pliego de Condiciones Técnicas de instalaciones conectadas a Red. IDAE**
- **Otras normas a tener en cuenta:**
 - Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus instrucciones complementarias.
 - Normas de la compañía eléctrica
 - Normas básicas de edificación (NBE)
 - Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo (OSHT) y Reglamento de Prevención de Riesgos Laborales, así como toda la normativa que la complementa.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

2.4.- Estudio del Arte de instalaciones para la Monitorización de Sistemas Fotovoltaicos.

2.4.1.- Importancia de la monitorización.

Un sistema de monitorización debe ser un sistema que permita conocer el estado de la instalación y que informe de manera rápida y eficaz de las anomalías que se produzcan en la misma. Es de interés para una instalación de este tipo conocer:

- El estado del sistema.
- Conocer la energía producida.
- Conocer si el sistema funciona de acuerdo con el diseño.

Además obtener los datos numéricos sobre el funcionamiento da lugar a poder realizar análisis posteriores, modelos, simulaciones y poder con ello mejorar la ingeniería de nuevas instalaciones.

En grandes parques fotovoltaicos la monitorización se realiza en tiempo real por el personal de mantenimiento. Se caracterizan por:

- Redes de comunicaciones entre los distintos equipos: mediante fibra óptica, RS485, etc.
- Uso de PLCs para el control.
- Visualización mediante software tipo SCADA.
- Un puesto de control centralizado.

En sistemas más pequeños, sin operador en planta, o bien se hace una monitorización remota o en muchos casos no se monitorizaba.

A fecha de hoy según Real Decreto 413/2014 de 6 de Junio de 2014 (que deroga el Real Decreto 1565/2010 del 23 de Noviembre de 2010) se obliga a las instalaciones fotovoltaicas de potencia superior a 1Mw o que formen parte de agrupaciones de potencia superior a 1 MW a enviar Telemedidas al operador del sistema, en tiempo real.

El problema principal de la monitorización reside en la interconexión de equipos. Cada dispositivo dispone de una conexión diferente en medio físico: GSM, GPRS; fibra óptica, ethernet, RS232/RS485, como en el protocolo de comunicaciones, Modbus, field point, xml, propietario.

Además para almacenar la información necesitamos disponer de un sistema de base de datos eficiente y un gestor de la información, que soporte grandes cargas de trabajo, que sea seguro y se pueda almacenar y recuperar la información e manera rápida y eficiente.

Mediante una monitorización remota podemos integrar todos los elementos en una única plataforma modular que permita:

- Caracterizar la instalación (configuración de canales, datos, etc)
- Visualización de los datos en tiempo real.
- Evaluación de los datos



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

- Recuperación de la información.
- Detección de fallos en el comportamiento de la instalación.
- Seguimiento de estado.
- Informes periódicos del funcionamiento

Por lo tanto, las ventajas de aplicar un sistema de monitorización son numerosas, mediante ella podemos obtener información íntegra de todos los dispositivos, información accesible y evaluada del funcionamiento de las plantas fotovoltaicas, a bajo coste y con una rápida implementación.

Hasta hace poco los sistemas de monitorización se aplicaban a instalaciones donde los elementos a controlar o monitorizar era por lo general del mismo fabricante que en la mayoría de los casos proporcionaban sus propios sistemas cerrados donde a veces, incluso poder exportar los datos no era viable. Con la diversificación de dispositivos y la necesidad creciente de poder disponer de mecanismos para tratar los datos resultantes del funcionamiento de nuestras plantas se aprecia la necesidad de tener nuevas formas de controlar y mantener un correcto servicio de mantenimiento de las instalaciones energéticas.

Actualmente los fabricantes de los dispositivos que se instalan en nuestras plantas proporcionan un software que difícilmente es integrable con otros aunque de manera independiente cumplen totalmente con su finalidad.

Para solucionar esta problemática existe la tecnología OPC. Esta tecnología trata a cada dispositivo, ya sean inversores, células, controladores, de manera independiente pero a su vez de manera homogénea. De esta manera, el sistema global ve a cada dispositivo de manera similar y de esta forma es fácil unificar estos dispositivos en un entorno común.

Una de las principales ventajas desde el punto de vista del mantenimiento es que la sustitución de un dispositivo por otro de otro fabricante se puede realizar sin problemas debido a que el sistema software podrá integrarlo sin realizar ningún tipo de modificación sustituyendo o incorporando sólo el controlador del nuevo dispositivo.

La tecnología OPC se encuentra en continuo desarrollo y se trata de un estándar que se está estableciendo como indispensable en todos los sistemas de control y Monitorización industrial. Cada vez más fabricantes proporcionan con sus dispositivos los controladores OPC para integrarlos en sistemas basados en esta tecnología. [4][6]

2.4.2.- Parámetros utilizados.

Los elementos que principalmente se monitorizan en una instalación fotovoltaica son los siguientes:

- Inversores y contadores, medidas de voltajes e intensidades.
- Medida de la irradiancia en el plano de los módulos.
- Medida de la temperatura de los módulos.
- Datos característicos de la planta.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

- Protocolo de comunicaciones de los inversores y de los contadores
- Parámetros meteorológicos como velocidad y dirección del viento, humedad y temperatura ambiente..



3.- DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación fotovoltaica conectada a red se ubica sobre la terraza del edificio del CEDIT en el Parque Tecnológico de Fuente Álamo. La instalación se ha diseñado como instalación fotovoltaica experimental conectada a red, inyectando a la red del edificio (en régimen de autoconsumo), pero con posibilidad de poder desconectar la inyección a través de inversores y tener acceso directo y seguro a las ramas DC que llegan a los inversores desde los distintos grupos de módulos de la instalación.

El objetivo de la instalación es claramente experimental, sirviendo para evaluar diferentes cargas alimentadas (nuevas baterías, convertidores DC/DC o DC/AC, etc,) directamente desde una o varias ramas DC en serie, tras desconectar la inyección en la red.

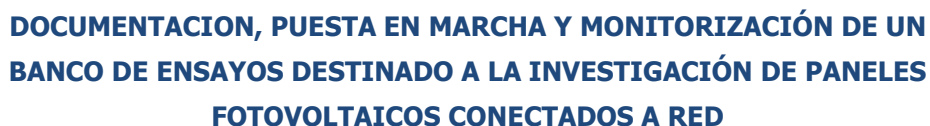
La instalación cuenta con varios sensores y un datalogger que permite la monitorización de las principales variables climatológicas y eléctricas que afectan a la instalación. Se deja un ramal DC de entrada al cuadro eléctrico libre, así como un espacio libre sobre la estructura para pruebas futuras de nuevos módulos fotovoltaicos.

3.1.- Generador Fotovoltaico

3.1.1.- Módulos.

La instalación cuenta con 5 kWp de módulos de Silicio policristalino distribuidos en 4 grupos (4 strings). Los paneles están orientados al sur y tienen una inclinación de 30°. Fuente (11). El modelo es Trina de 290W PC14 cuyas especificaciones eléctricas se muestran a continuación:

DATOS ELÉCTRICOS EN CONDICIONES STC	TSM-290 PC14
Potencia nominal-P_{máx} (Wp)	290
Tolerancia de potencia nominal (%)	0/+3
Tensión en el punto P_{máx}-VMPP (V)	36.1
Corriente en el punto P_{máx}-IMPP (A)	8,04
Tensión en circuito abierto-VOC (V)	44,9
Corriente de cortocircuito-ISC (A)	8,53
Eficiencia del módulo η_m (%)	14,9
Valores en condiciones estándar de medida STC (masa de aire AM 1,5, irradiancia 1000 W/m², temperatura de la célula 25 °C)	



TONC: Irradiancia a 800 W/m², Temperatura ambiente 20 °C, Velocidad del viento 1 m/s



Se ha utilizado una estructura metálica sobre la terraza, inclinada a 30° para albergar 6 kWp de módulos fotovoltaicos. [11]. Se deja el espacio correspondiente a 1kWp libre para una futura ampliación de la instalación.





DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED



Figura 3.2: Montaje de la estructura

- Conexionado.

Se han instalado un total de 16 módulos fotovoltaicos divididos en 4 grupos cada uno de ellos con dos string los cuales van conectados a sus respectivos inversores.

3.2.- Cuadro Eléctrico e Inversores

3.2.1.- Cuadro Eléctrico.

El cuadro eléctrico está preparado para el acceso a cada string ($5 = 4 + 1$ libre) en CC y conexión al inversor de conexión a red tal y como se presenta en el diagrama eléctrico siguiente:

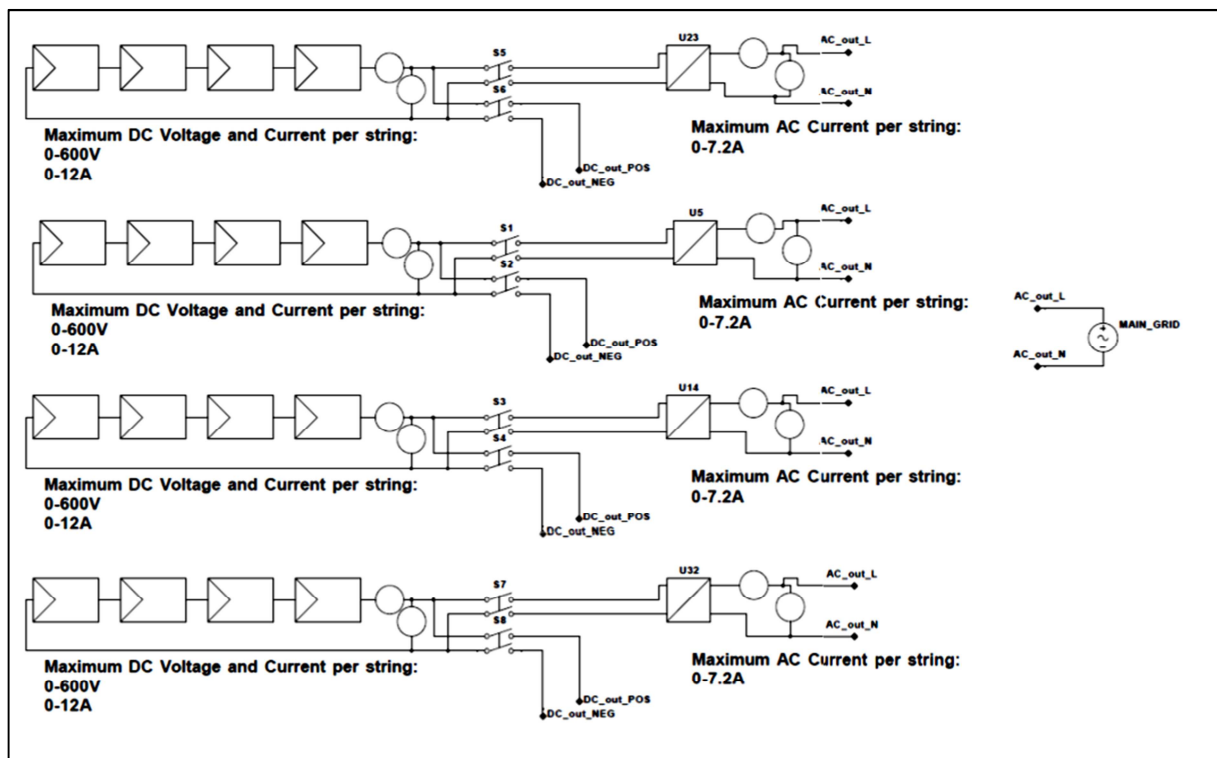


Figura 3.3: Diagrama eléctrico de la instalación FV



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

3.2.2.- Inversores.

La instalación cuenta con 4 inversores de 1,3 kW para conexión a red modelo SMA Sunny Boy 1300 TL. Es un inversor fotovoltaico sin transformador que transforma la corriente continua del generador fotovoltaico en corriente alterna apta para la red y la inyecta a la red pública. El inversor solo debe operar con generadores fotovoltaicos de la clase de protección II según la norma IEC 61730, tipo de aplicación A. [11]

DATOS TÉCNICOS INVERSOR Sunny Boy 1300TL	
Entrada (CC)	
Potencia de CC máx. ($\cos \phi=1$)	1 400 W
Tensión de entrada máx.	600 V
Rango de tensión del punto de máxima potencia (MPP)	115 V1 – 480 V
Tensión asignada de entrada	400 V
Tensión de entrada mín. / tensión de entrada de inicio	100 V1 / 120 V1
Corriente máx. de entrada / corriente máx. de entrada por string	12 A1 / 12 A1
Nº de entradas de punto de máxima potencia (MPP) independientes / Strings por entrada de punto de máxima potencia (MPP)	1/1
Salida (CA)	
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	1300 W
Potencia máx. aparente de CA	1300 VA
Tensión nominal de CA	220 V / 230 V / 240 V
Rango de tensión nominal de CA	180 V – 260 V
Frecuencia de red de CA / rango	50 Hz, 60 Hz1 / –6 Hz ... +5 Hz
Frecuencia / tensión asignada de red	50 Hz / 230 V
Corriente máx. de salida	7,2 A
Factor de potencia a potencia asignada	1
Fases de inyección / conexión	1/1
Rendimiento	
Rendimiento máx. / europeo	96,0% / 94,3%



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

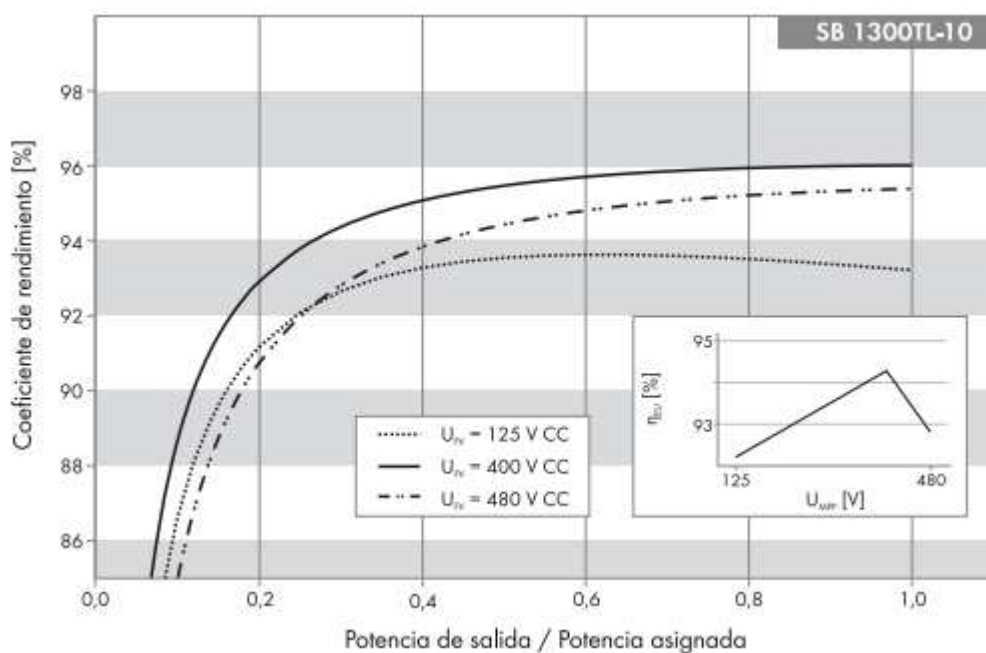


Figura 3.4: Datos técnicos y curva de rendimiento del inversor Sunny Boy 1300TL

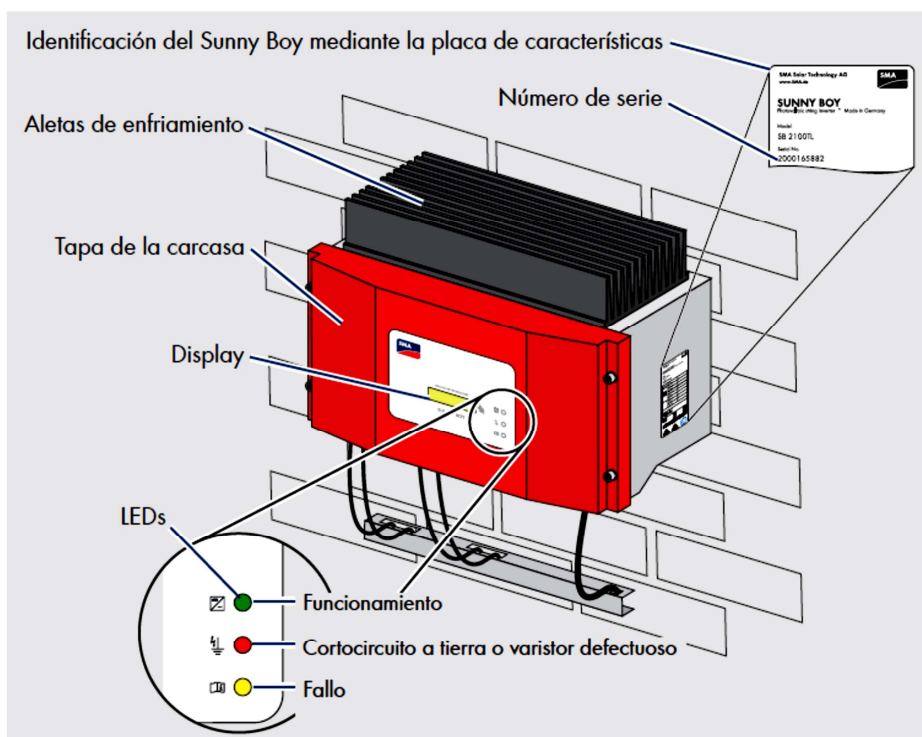


Figura 3.5: Diseño del inversor Sunny Boy 1300TL



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

3.3.- Sistema de Monitorización

La instalación cuenta con una serie de sensores y un datalogger que permite la monitorización de las principales variables climatológicas y eléctricas que afectan a la instalación en cada momento. A continuación se describen cada uno de los dispositivos utilizados para dicho fin así como sus principales características técnicas. [11]

3.3.1.- Sensores.

- **Anemómetro y veleta**

Para la instalación, se ha seleccionado la serie PA2 y PRV de Wittich & Visser, un anemómetro de cazoletas y un potenciómetro piloto de viento, ya que son instrumentos livianos para medir la velocidad del viento y dirección del viento.



Figura 3.6: Anemómetro y veleta instalados.

El anemómetro de cazoletas ligera está basado en el principio del efecto Hall. Su rango de medición está comprendido entre 0 y 60 m/s, con un umbral de 0,5 m/s. Dos impulsos por rotación y 67 pulsos a 30 m/s. El PA2 es un anemómetro de cazoletas asequible y de calidad con imanes cerámicos y rodamientos de acero inoxidable y accesorios de montaje. [11]



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

ANEMÓMETRO	
Principio de medición	Efecto Hall con imanes
Rango de velocidad del aire	0 .. 60 m/s
Umbral	0,5 m/s
Longitud respuesta	2,2 m
Temperatura de funcionamiento	-30 .. +70° C
Pulsos	2 por rotación
Frecuencia	67 Hz a 30 m / s
Salida PA2-C	4 .. 20 mA
Fuente de alimentación PA2	4,5 .. 30 VDC
Fuente de alimentación PA2-C	10 .. 30 VDC
Material	
Housing	POM, negro
Rodamientos de bolas	acero inoxidable
Hardware de montaje	acero inoxidable
Imanes	Cerámico
Tazas	policarbonato

- Especificaciones técnicas del anemómetro PA2 (Catálogo) –

El potenciómetro o veleta tiene un ángulo mecánico de 360° sin parada, un ángulo eléctrico de 350° ± 3°, el umbral está entre 1,2 y 1,5 m/s. El PRV es una veleta de alta calidad asequible con cojinetes de bronce del petróleo y con estructura de montaje de acero inoxidable.

VELETA	
Life expectation	> 20 x 10 ⁶ rotaciones
Ángulo eléctrico	350 ± 3 °
Ángulo mecánico	360 ° sin parada
Coefficiente de amortiguamiento	0,35
Umbral	1,2 .. 1,5 m/s
Linealidad	1%
Valor de la resistencia	5 kOhm + / -10%
Salida PRV-C	4 .. 20 mA
Fuente de alimentación PRV-C	10 .. 30 VDC
Temperatura de funcionamiento	-30 .. 80 ° C
Coefficiente de temperatura	± 200 ppm / ° C
Material	
Housing	POM, negro
Lamina de la veleta	pintado de fibra de vidrio epoxi
Veleta madre y contrapeso	latón pintado
Rodamientos	bronce aceite
Hardware de montaje	acero inoxidable

- Especificaciones técnicas de la Veleta (Potenciometro) PRV (Catálogo) –



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

• Piranómetro

El piranómetro instalado es de Segunda Clase ISO (CMP3) el cual está diseñado para mediciones de la radiación solar global de onda corta en el rango espectral 300-2800 nm. El detector de termopila mide irradiancia hasta de 2.000 W/m² con un tiempo de respuesta de menos de 18 segundos y la sensibilidad típica de $\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$, que varía de menos de 5% de -10° C a 40 ° C. [11]



Figura 3.7: Piranómetro CMP3.

El CMP3 es pequeño y ligero. Tiene una robusta cúpula de cristal gruesa de 4 mm para proteger el detector de termopila de las influencias externas.

Especificaciones técnicas del Piranómetro CMP3	
Clasificación según la norma ISO 9060:1990	Segunda Clase
Rango espectral (50% puntos)	300 a 2800nm
Sensibilidad	5 a 20 $\mu\text{V} / \text{W}/\text{m}^2$
Impedancia	20 a 200 Ω
Rango de salida prevista (0 a 1500 W / m	0 a 30mV
Irradiancia máxima de funcionamiento	2000 W/m ²
Tiempo de respuesta (63%)	<6 s
Tiempo de respuesta (95%)	<18 s
Traslados de origen	
(a) radiación térmica (a 200 W / m ²)	<15 W/m ²
(b) cambios de temperatura (5 K / h)	<5 W/m ²
Sin estabilidad (cambio / año)	<1%
No linealidad (100 a 1000 W / m²)	<1,5%
Respuesta direccional	<20 W/m ²
(hasta 80° W, con 1.000 m ² de haz)	
Selectividad espectral (350-1.500 nm)	<3%
Respuesta de la temperatura	<5% (-10 ° C a 40° C)
Inclinación respuesta (0 ° a 90 ° a 1000 W / m²)	<1%
Campo de visión	180°
Precisión de nivel de burbuja	<0,2 °
Tipo de detector	Termopila
Rango de temperatura operacional	-40 ° C a 80 ° C
Temperatura de almacenamiento	-40 ° C a 80 ° C
Rango de humedad	0 a 100%, sin condensación
Protección de ingreso (IP)	67



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

• Sensor de humedad y temperatura

El transmisor EE160 está diseñado para medir la humedad y la temperatura. La medición se lleva a cabo en el cabezal de medición de la sonda con un sensor capacitivo para la medición de la humedad y un sensor resistivo para la medición de la temperatura. Proporciona una exactitud de $\pm 2,5\%$ de HR.



Figura 3.8: Sensor de humedad y temperatura

El cerramiento minimizará los costes de instalación y proporciona, además, una excelente protección contra la contaminación y la condensación, lo que garantiza un funcionamiento perfecto. [11]

VALORES MEDIDOS	
Humedad Relativa	
Sensor	E + E Sensor HCT01-00D
Salida analógica 0 ... 100% RH	0-10 V - 1 mA <IL <1 mA oder 4-20 mA (dos hilos) RL <500 Ohm
Salida digital	RS485
Campo de trabajo	10 ... 95% HR
Precisión a 20 ° C	$\pm 2,5\%$ de HR
Dependencia de la temperatura	tip. $\pm 0,03\%$ HR / ° C
Temperatura	
Sensor	Pt1000 (tolerancia de la clase B, DIN EN 60751)
Salida Analoga	0-10 V - 4-20 mA
Salida Digital	RS485
T-Precisión a 20 ° C	± 0.3 ° C
General	
Fuente de alimentación	
0 - 10 v / rs485	15 - 35 V DC o 24 V AC $\pm 20\%$
De 4 - 20 ma	10V + RL x 20 mA <UV <35V DC
Consumo de corriente	
Analógica	5 mA DC típico alimentación - 13mAeff con alimentación AC
Digital	15mA DC típico de alimentación - 25mAeff con alimentación AC
Conexión	Terminales de tornillo, máx. 1,5 mm ²
Housing / clase de protección	Polycarbonato (UL) / IP65
Prensaestopas	M16 x 1,5
Protección del sensor	filtro de membrana
Compatibilidad electromagnética	EN61326-1 EN61326-2-3
Rangos de temperatura	
Temperatura de funcionamiento: -15 ... 60 ° C (5 ... 140 ° F)	
Temperatura de almacenamiento: -25 ... 60 ° C (-13 ... 140 ° F)	

- Especificaciones técnicas del transmisor EE160 (Catálogo) -



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

• Sonda de temperatura flexible PT100

Se han escogido este tipo de sondas para medir la temperatura de los paneles fotovoltaicos.

Esta sonda está compuesta por una lámina robusta de goma de silicona adhesiva en cuyo interior se encuentra el elemento sensor. Consta de 2 metros de cable aislado con Teflón con malla de acero inoxidable. Con el fin de mejorar el tiempo de respuesta se recomienda favorecer el contacto térmico mediante la limpieza de la superficie sobre la cual se aplica el sensor. Se han instalado un total de tres unidades en los paneles. [11]

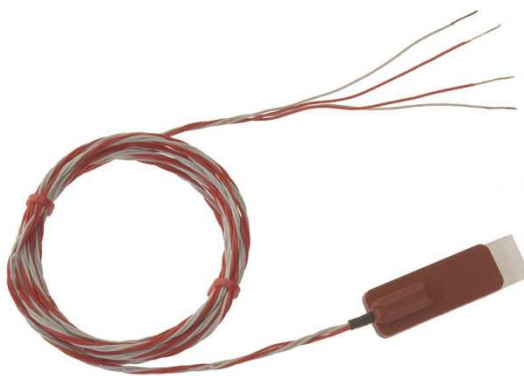


Figura 3.9: Sonda PT-100

Las sondas de temperatura PT100 presentan las siguientes características:

- Configuración a 4 hilos.
- El elemento PT 100 cumple con la norma IEC 60751 clase A.
- Precisión de $\pm 0,15$ °C a 0 °C.
- Longitud del elemento sensor: 20 mm.
- Rango de funcionamiento: -50 °C a 250 °C.
- Vaina de acero inoxidable, diámetro de 3 ó 6 mm con 250 mm de longitud.

• Sensores de voltaje y corriente

La corriente generada por los paneles fotovoltaicos se miden con un transductor de corriente, modelo HY5 to 25P, proporcionados por LEM. Este transductor presenta varias ventajas tales como su fácil montaje, pequeño tamaño, su único diseño para el rango de intensidades y el ser inmune a interferencias externas. [11]

En cuanto a sus características generales:

- Tª amb. Operación: TA= -10 -> 80°C
- Tª amb. Almacenamiento: Ts= -25 -> 85°C
- Peso : <14g



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

- Norma EN 50178

Sus principales características eléctricas son:

- Corriente nominal primaria: $I_{pn}=25\text{ A}$
- Rango de medida de la corriente primaria: $I_p=\pm 75\text{ A}$
- Sección del conductor primario: $2\times(\varnothing 1,4\text{ mm})$
- Tensión de alimentación: $V_c= \pm 15\text{ V}$
- Tensión de salida: $\pm I_{pn}$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$, $T_A=25^\circ\text{C}$, $V_{out}=\pm 4\text{ V}$
- Resistencia interna de salida: $R_{out}=100\Omega$
- Resistencia de carga: $R_L > 1\text{ K}\omega$

La medición del voltaje se llevará a cabo con transductores de tensión, modelo LV25-P de LEM. Estos transductores son de excelente precisión, presentan muy buena linealidad, pequeños tiempos de respuesta, pocas perturbaciones en modo común y son inmunes a interferencias externas.

En cuanto a sus características generales:

- T^a amb. Operación: $T_A= 0 \rightarrow 80^\circ\text{C}$
- T^a amb. Almacenamiento: $T_s= -25 \rightarrow 85^\circ\text{C}$
- Inductancia primaria: $T_A=70^\circ\text{C}$, $R_p=250\Omega$
- Inductancia secundaria: $T_A=70^\circ\text{C}$, $R_s=110\Omega$
- Peso : $m= 22\text{g}$
- Norma EN 50178 (97.10.01)

Sus principales características eléctricas son:

- Corriente nominal primaria: $I_{pn}=10\text{ mA}$
- Rango de medida de la corriente primaria: $I_p=0 \rightarrow \pm 14\text{ mA}$
- Tensión de alimentación: $V_c= \pm 15\text{ V}$
- Resistencia de medida: $V_c= \pm 15\text{ V}$, $R_M=100\Omega$
- Corriente nominal secundaria: $I_{sn}=25\text{ mA}$
- Índice de conversión: 2500:1000
- Sección pins primarios: $2\times(0.635\times 0.635\text{ mm}^2)$
- Sección pins secundarios: $3\times(\varnothing 1\text{mm})$



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

3.3.2.- Datalogger.

El Datalogger 34972A es una unidad de medida compacta, económica y una solución para recoger una alta densidad de medidas en aplicaciones de verificación de diseño, de pruebas automatizadas y de adquisición de datos.

Configurada con un multiplexor de relé de 20 canales, la unidad 34972A es un potente y económico registrador de datos para aplicaciones de caracterización simples. Las interfaces LAN y USB de la unidad 34972A hacen que resulte ideal para configurar y controlar aplicaciones de registro de datos en ubicaciones remotas.



Figura 3.10: Sistema de adquisición de datos (Datalogger 34972A)

Resulta fácil de usar en multitud de aplicaciones de registro de datos y monitorización, ya sea de forma independiente o con un ordenador. Permite utilizar de 20 a 120 canales, pudiendo agregarse canales de actuador, I/O digitales y salida analógica para simplificar el control.

El modelo 34972A, puede configurarse en ubicaciones remotas para acceder a él a través de una interfaz web en una conexión de red o a través de su puerto USB, copiando las configuraciones de instrumento y los resultados de los datos de medida en una unidad USB Flash.

Esta unidad además, ofrece 6½ dígitos de resolución y precisión de DCV básica a un año del 0,004 %.

Además mide y convierte 11 señales de entrada distintas:

- Temperatura con termopares, RTD y termistores
- Tension DC y AC
- Resistencia a 2 y 4 hilos
- Frecuencia y periodo
- Corriente DC y AC



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

Cada canal se configura de forma independiente. Esto significa que puede configurar el canal 1 para DCV, el canal 2 para un termopar de tipo K y los canales 3 y 13 para la medida RTD a 4 hilos, todo en el mismo módulo y en un único barrido. Para conversiones lineales personalizadas, se utiliza la función de escalado $Mx + B$ en cualquier canal. Incluso puede visualizarse una etiqueta personalizada de 3 caracteres, como RPM o PSI, para identificar sus unidades de medida.

El multímetro digital está instalado dentro del chasis, en lugar de situarse en una de las ranuras, dejando las 3 ranuras del mainframe libres para módulos de conmutación y de control. Se puede elegir entre 8 módulos distintos para conseguir la precisión de funcionalidad necesaria y la flexibilidad deseada para futuras expansiones.

Este datalogger en cuestión presenta tres módulos modelo 34901A de 20 canales.

El multiplexor 34901A de Agilent es el aparato más versátil para barridos generales. Combina una densa conmutación multifunción con velocidades de barrido de 60 canales/segundo. En el mismo módulo pueden mezclarse canales a 2 y 4 hilos. Dos entradas con fusible adicionales (22 canales en total) enrutan hasta 1 A de corriente hacia el multímetro digital interno, permitiendo corrientes AC y DC sin tener que usar resistencias shunt externas.

Características multiplexor 34901A

Modelo	Tipo	Velocidad (canales)	Tensión máx	Int máx	Ancho de banda	Desviación térmica	Descripción
20 canales + 2 canales de corriente	Armadura a 2 hilos (seleccionable 4 hilos)	60	300 V	1 A	10 MHz	< 3 μ V	Unión fría de referencia incorporada con 2 canales de corriente adicionales (22 en total)



4.- MANUAL DE USO DE LA INSTALACIÓN

4.1.- Descripción de la puesta en marcha de la instalación.

Para la puesta en marcha de la instalación, ha sido necesario conectar el datalogger a la red Ethernet de la universidad, mediante un cable de red conectado a la roseta ubicada dentro de la caseta sobre la azotea del edificio del CEDIT, instalada para tal fin.

Dentro de la red de la universidad, se han dejado reservadas dos direcciones IP fijas para la conexión con el datalogger y para un ordenador a través del cual se hará el seguimiento de la instalación, por lo que se ha tenido que modificar la configuración de la dirección IP del datalogger para poder conectarse al mismo.

Una vez terminada la instalación eléctrica por la empresa SOLTEC se ha comprobado mediante Labview y la aplicación web de Agilent, la recepción de datos y comprobado que éstos son correctos.

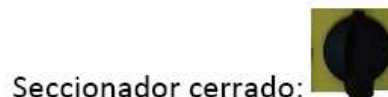
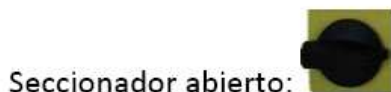
4.2.- Tipos de conexiones.

La instalación consta de cuatro generadores solares y cuatro inversores, que están interconectados a través del armario eléctrico de la instalación. Cada string denominados S1, S2, S3 y S4 tiene tres seccionadores de control para poder elegir hacia donde se dirige la CC de dicho string.



Figura 4.0: Seccionadores abiertos String 1

Para cambiar la posición de los seccionadores es aconsejable que el primero, SX, esté abierto de manera que quede suprimida la tensión en los otros dos. Posteriormente se colocan los otros seccionadores en la posición deseada y después se cierra el primero.



Aviso importante: Nunca cerrar SX.1 y SX.2 a la vez.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

4.2.1.- Acceder a un string en CC de manera aislada.

Por tanto, para alimentar con corriente continua una salida determinada, los seccionadores de dicha salida deben quedar en la siguiente posición, cerrando primero el selector SX.2 y seguidamente el SX:



Figura 4.1: Posición de los seccionadores para CC

4.2.2.- Acceder a un string en AC (conexión al inversor).

Al igual que para acceder a un string en corriente continua, para cambiar la posición de los seccionadores es aconsejable que el primero esté abierto de manera que quede suprimida la tensión en los otros dos. Se cierra SX.1, dejando abierto SX.2 y posteriormente se vuelve a cerrar SX.

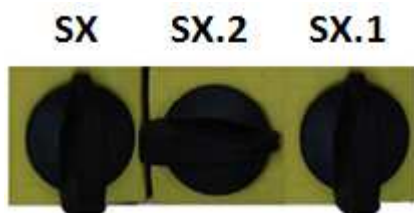


Figura 4.2: Posición final de los seccionadores para AC.

Una vez se tenga la alimentación de red correcta, para conectar un inversor a la red simplemente a hay que poner el magnetotérmico correspondiente en la posición ON.



Figura 4.3: Interruptor subido String 1

4.2.3.- Alimentación de los sensores.

Los sensores se alimentan de forma independiente, hay un magnetotérmico dedicado a ellos que deberá estar en posición ON. Actualmente este magnetotérmico se alimenta con un cable que tiene un enchufe.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED



Figura 4.4: Magnetotérmico de los sensores

4.3.- Uso del sistema de monitorización

4.3.1.- Uso y configuración del Datalogger.

El datalogger se deja conectado al punto de red más cercano utilizando un cable Ethernet.

Para acceder al menú Interface se enciende el datalogger y se presiona el botón "Shift" y luego "Sto/Rcl" del panel frontal.

Con el botón "Sto/Rcl" se va navegando por el menú y con la perilla se cambian las opciones. Dentro de las opciones encontramos LAN INTERFACE, LAN ENABLE y DHCP ENABLE. Al salir del menú y volver a entrar veremos que se ha conectado (STAT: CONNECTED) y que una dirección IP ha sido asignada. Esa será la dirección IP de conexión al datalogger.

Esta dirección IP se modificó con los siguientes datos:

Dirección IP: 212.128.28.81

Máscara: 255.255.255.128

Puerta: 212.128.28.126

DNS: 212.128.20.252

Que es la dirección fija reservada dentro de la red de la UPCT. Para modificar estos datos, es necesario entrar en la opción LAN INTERFACE y modificar los datos numéricos mediante la perilla.

4.3.2.- Monitorización mediante Labview.

Se ha creado un instrumento virtual para la monitorización y recogida de datos de la instalación vía remota mediante software Labview. Además se ha creado un archivo ejecutable para poder utilizar el programa desde cualquier ordenador que no disponga de este software. Los detalles de la programación y uso se detallan en el apartado 5 de este trabajo.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

4.3.3.- Otros métodos de monitorización.

Con el datalogger de Agilent tenemos la opción también de visualizar y gestionar datos de dos maneras: mediante uso de su aplicación Web y mediante el software Agilent BenchLink Data Logger 3 que se suministra con la compra del datalogger.

4.3.3.1.- Uso de la aplicación web.

El acceso a la aplicación WEB de monitorización del datalogger se consigue abriendo el navegador y escribiendo en este la dirección IP que tiene el datalogger.

Para ello es importante también que la aplicación JAVA esté actualizada.

Se debe de cargar una pantalla de acceso, que tiene tres pestañas laterales, la segunda es la que permite la configuración de los canales de entrada del datalogger y la monitorización deseada (nº de muestras, intervalo entre muestras, etc). Esta pestaña (Figura 4.5), muestra los tres "Slots" o tarjetas de 20 canales cada una que tiene instalados el datalogger. Para poder configurar los canales se debe seleccionar la opción "Allow Control" y simplemente haciendo clic en el botón derecho sobre cada uno de los canales se accede a la ventana de configuración de dicho canal.

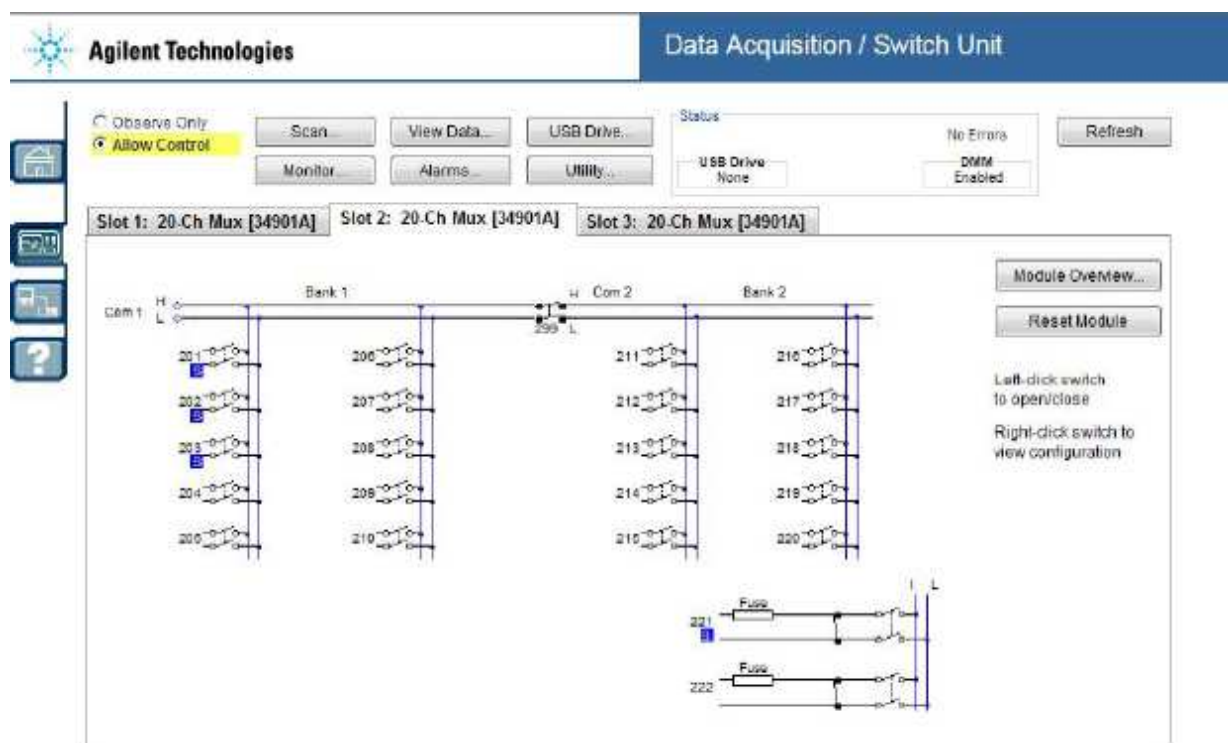


Figura 4.5: Vista de configuración web del datalogger de Agilent

En la Figura 4.6 se muestra la ventana de configuración de un canal de entrada. El procedimiento de configuración de la entrada comienza seleccionando la opción "Enable measurement" si se quiere añadir esa entrada a la monitorización. Después se selecciona el tipo de entrada en el menú desplegable "Function" (En la Figura se ha seleccionado una sonda de temperatura RTD de 4 hilos de coeficiente



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

0.385). Las más comunes son las sondas de temperatura y las entradas como voltaje DC de 0-5V o 0-10V o como corriente DC de 4 a 20mA. Es importante tener en cuenta, una de las pocas limitaciones de este datalogger, sólo los canales 21 y 22 de cada tarjeta son los que se pueden configurar como entrada de corriente.

La ventana de configuración permite otras opciones bastante útiles: configuración de la resolución o retardo en la lectura del canal o configuración de alarma por rebasamiento de valores límite. Sin embargo quizá el más útil en esta aplicación es el escalado "Mx+B Scaling" que permite aplicar un factor de conversión lineal, para convertir el valor que mide el canal a las unidades correspondientes a la variable física medida.

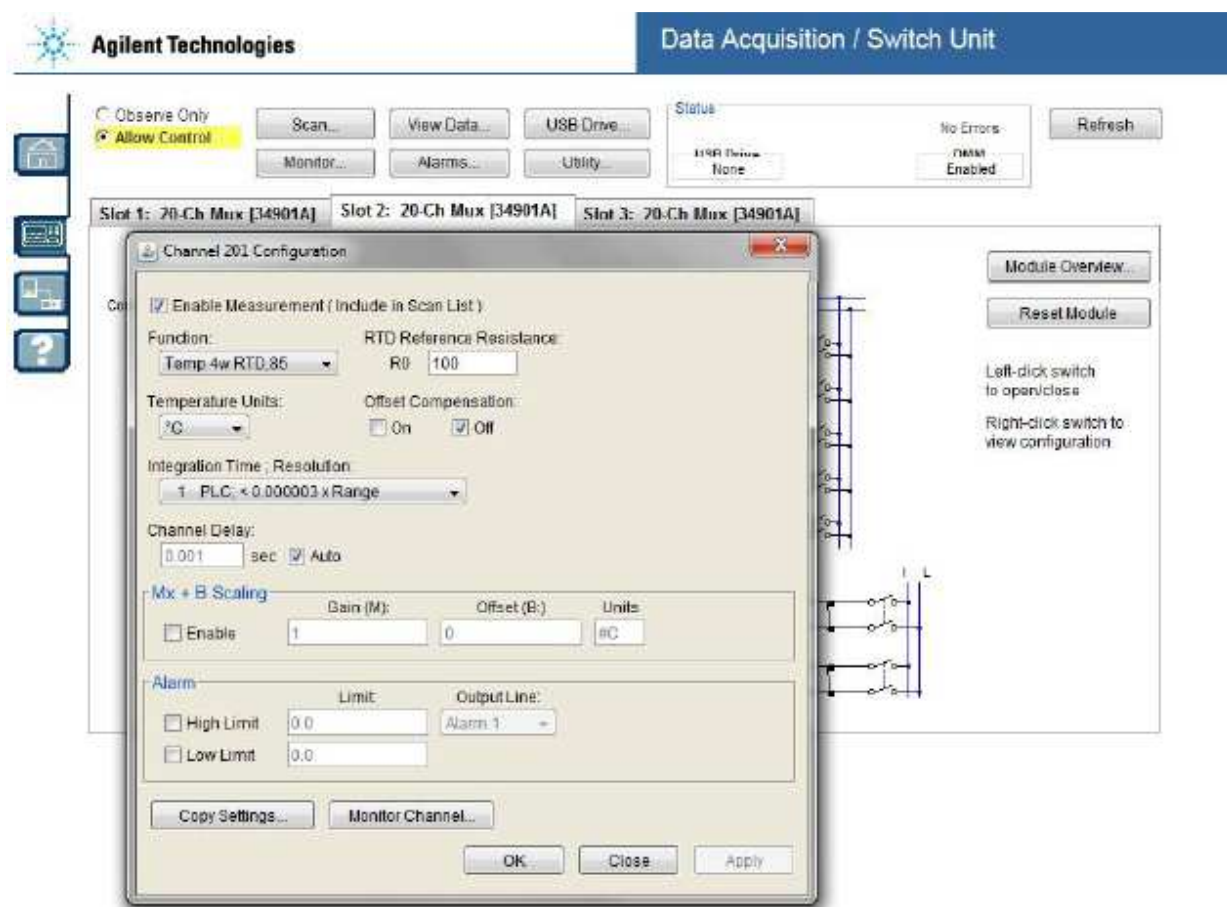


Figura 4.6: Ventana para la configuración de un canal de entrada

Una vez configurados los canales de entrada, desde la pestaña de configuración pinchamos sobre "Scan" para configurar la monitorización. Se abrirá la ventana "Scan Control" (Figura 4.7), en la que añadiremos a "Scan List" los canales que deseamos monitorizar y con "Trigger Settings" seleccionaremos el evento que provoca la toma de datos. El datalogger permite tomar datos de manera sincronizada con diferentes eventos (por ejemplo una señal externa), sin embargo el más habitual es seleccionar un intervalo fijo de tiempo, tal y como se muestra en la figura, en la que se ha seleccionado que cada dos segundos se tomen datos de los canales seleccionados.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

Una vez configurada la monitorización se habilita en "Start Scan" y para tener acceso a los datos, poder exportarlos, guardarlos y trabajar con ellos se utiliza la ventana "View Data".

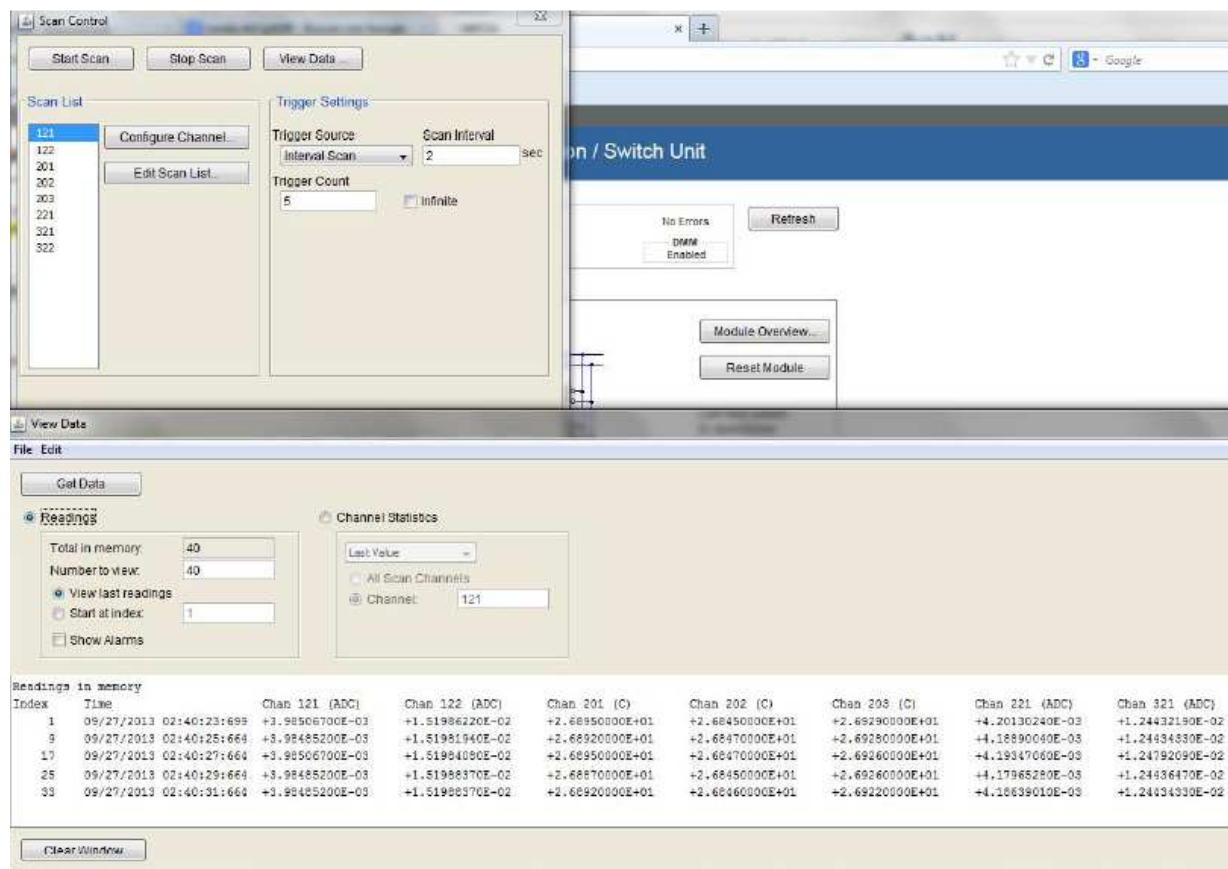


Figura 4.7: Ventanas de configuración de monitorización y visualización de datos

4.3.3.2. - Software Agilent BenchLink Data Logger 3

Esta aplicación basada en Windows está diseñada para recopilar y analizar medidas en el PC en un momento. Puede utilizarla para configurar las pruebas, adquirir y archivar datos de medida, y realizar visualizaciones y análisis en tiempo real de las medidas entrantes.

La instalación del software se realiza mediante el ejecutable ubicado dentro de la carpeta BenchLink_DL3 del CD que viene con la compra del datalogger.

Una vez instalado, se requiere estar conectado al datalogger mediante cable ethernet o estar dentro de la misma red.

El primer paso es añadir instrumentos, en la pestaña principal "Configure Instruments" se selecciona "Add Instrument" y se añadirán los tres módulos multiplexores 34901A como se puede comprobar en la figura 4.8.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

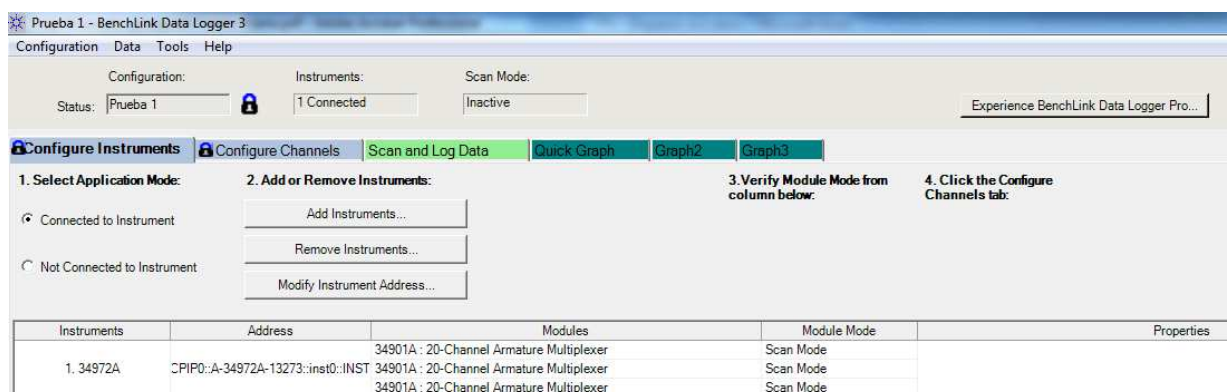


Figura 4.8: Configuración de Instrumentos mediante software BenchLink Data Logger 3

El siguiente paso es la configuración de canales, según la tabla del apartado 4.3.4, seleccionaremos los canales, su tipo de medida y su escalado.

Una vez se tengan todos los canales configurados pasaremos a la pestaña "Scan and Log Data" para configurar el tiempo de escaneo en "Scan Control" y la ubicación de los datos que se generen en "Data control" que se guardarán en un archivo .csv.

Finalmente para comenzar con la toma de datos pulsaremos el botón START/STOP y podremos visualizar los datos en gráficas en la siguiente pestaña "Quick Graph" donde también podremos modificarlas según nos interese.

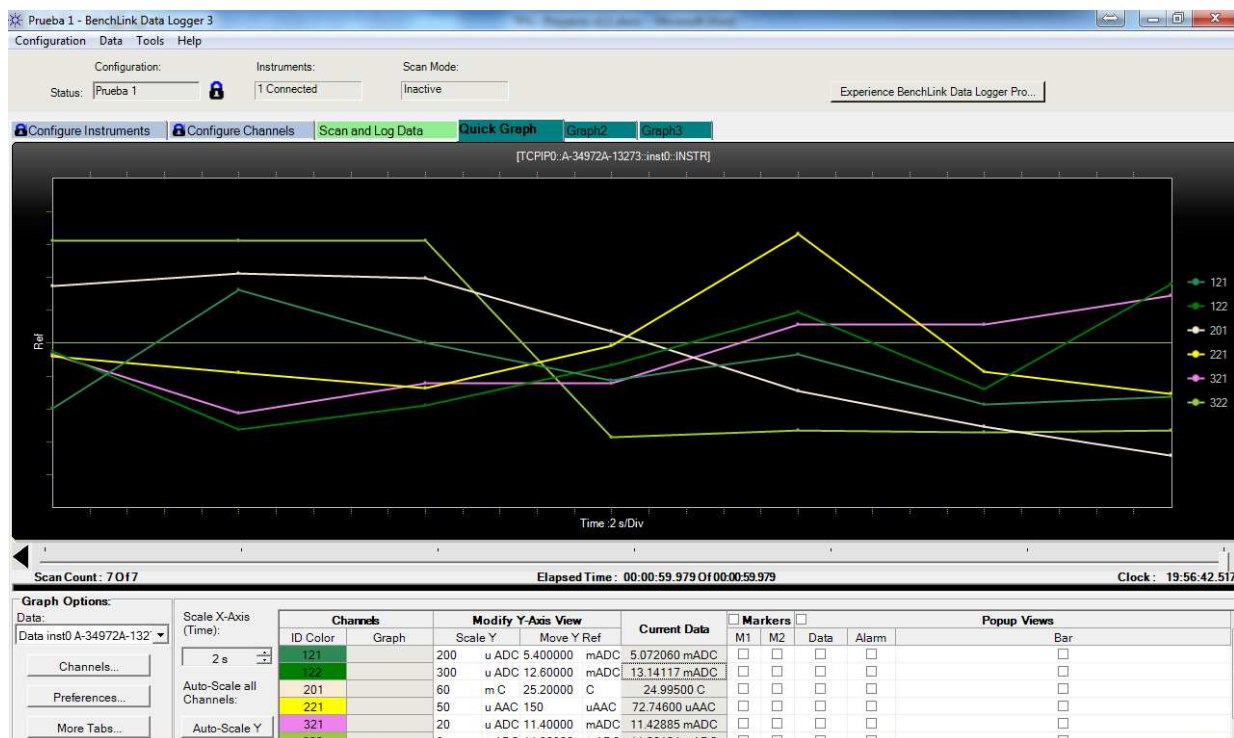


Figura 4.9: Visualización de los datos mediante gráficas en BenchLink Data Logger 3



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

El software BenchLink Data Logger puede ejecutarse conectado al ordenador, de forma independiente en el instrumento o incluso en red, utilizando la interfaz LAN de la unidad 34972A.

4.3.4.- Variables accesibles

Como se ha referido anteriormente se ha utilizado el Datalogger de Agilent desde donde son monitorizados cada uno de los dispositivos de medición. A continuación se muestra cómo y en que canales se han configurado los sensores de la instalación (en la conversión "y" es el valor medido en las unidades de la variable física y "x" el valor medido en el canal):

Tabla de configuración Sensores-Canales

Sensor	Nº Canal	Tipo de Entrada	Conversión y unidad
Anemómetro (0-165 km/h)	121	Idc, 4-20mA	$y=165/0.016(x-0.004)$ [km/h]
Veleta (350º)	122	Idc, 4-20mA	$y=350/0.016 (x-0.004)$ [º]
Irradiación (0-1600 W/m2)	221	Idc, 4-20mA	$y=1600/0.016 (x-0.004)$ [W/m2]
Humedad (0-100% RH)	321	Idc, 4-20mA	$y=100/0.016 (x-0.004)$ [% RH]
Tª ambiente (0 -50ºC)	322	Idc, 4-20mA	$y=50/0.016 (x-0.004)$ [ºC]
Sonda Tª 1	201	Temp, 4w RTD85	Directa por el datalogger en ºC
Sonda Tª 2	202	Temp, 4w RTD85	Directa por el datalogger en ºC
Sonda Tª 3	203	Temp, 4w RTD85	Directa por el datalogger en ºC
Corriente DC String 1	111	Vdc 0-5V	$y=6.9669*x-17.549$ [A]
Voltaje DC String 1	112	Vdc 0-5V	$y=139.78*x-1.1875$ [V]
Corriente AC String 1	113	Vdc 0-5V	$y=1.5847*x-0.038$ [A]
Voltaje AC String 1	114	Vdc 0-5V	$y=52.194*x-1.7745$ [V]
Corriente DC String 2	115	Vdc 0-5V	$y=6.762*x-17.01$ [A]
Voltaje DC String 2	116	Vdc 0-5V	$y=139.66*x-2.5228$ [V]
Corriente AC String 2	117	Vdc 0-5V	$y=1.6011*x-0.0522$ [A]
Voltaje AC String 2	118	Vdc 0-5V	$y=52.105*x-0.7837$ [V]
Corriente DC String 3	311	Vdc 0-5V	$y=6.7672*x-16.924$ [A]
Voltaje DC String 3	312	Vdc 0-5V	$y=139.75*x-0.7835$ [V]
Corriente AC String 3	313	Vdc 0-5V	$y=1.6381*x-0.0668$ [A]
Voltaje AC String 3	314	Vdc 0-5V	$y=52.32*x-1.2837$ [V]
Corriente DC String 4	315	Vdc 0-5V	$y=6.7884*x-17.124$ [A]
Voltaje DC String 4	316	Vdc 0-5V	$y=139.66*x-1.0604$ [V]
Corriente AC String 4	317	Vdc 0-5V	$y=1.592*x-0.0436$ [A]
Voltaje AC String 4	318	Vdc 0-5V	$y=52.693*x-3.5854$ [V]



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

4.4.- Manual de uso de los Inversores.

Sunny Boy es un inversor fotovoltaico que transforma la corriente continua del generador fotovoltaico en corriente alterna y la inyecta a la red eléctrica pública.

Sólo debe conectarse a generadora fotovoltaicos (módulos y cableado) de la clase de protección II. No conecte al Sunny Boy ninguna otra fuente de energía distinta a los módulos.

La conexión del inversor debe realizarse según se indica en el apartado 4.2.2. sobre cómo acceder a un string en CA (conexión al inversor).

Una vez conectado correctamente podremos visualizar la pantalla y los leds del inversor que se encuentran en la tapa de la carcasa y señalizan el estado de funcionamiento del inversor. Se puede utilizar la pantalla mediante golpecitos en la tapa de la carcasa:

- Un golpecito: enciende la iluminación de fondo y pasa al siguiente aviso. La iluminación de fondo se apaga automáticamente después de 2 minutos.
- Un nuevo golpecito: la pantalla pasa a la siguiente indicación.
- Dos golpecitos seguidos: la pantalla muestra sucesivamente la versión de firmware, el número de serie o la denominación del inversor, el registro de datos nacionales configurado y el idioma de la pantalla.

• Significado de la iluminación de los Leds



Led verde: Estado de funcionamiento del inversor

Led verde encendido: El inversor está en funcionamiento.

Led verde intermitente: no se cumplen las condiciones para la conexión a la red pública



Led rojo: Fallo a tierra.

Led rojo encendido: Hay un fallo a tierra o un varistor está averiado.



Led amarillo: Téngase en cuenta la documentación.

Led amarillo encendido o intermitente: Hay un error o fallo.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

• Canales de medición

Los canales de medición son valores de medición que se muestran en la pantalla.

Canal de medición	Explicación
E-hoy	Suma total de la energía inyectada hasta el momento
Modo	Indica el estado de funcionamiento
Pac	Potencia de CA saliente
Vpv	Tensión fotovoltaica de entrada
E-total	Suma total de la energía inyectada
h-total	Suma total de las horas de servicio en el funcionamiento de inyección
Advertencia/Defecto/fallo	Visualización de una avería o de un error actuales con el mensaje de error correspondiente. En algunas averías se muestra además el valor de desconexión y el valor actual.

• Avisos de estado.

Los avisos de estado se muestran en la segunda línea de la pantalla y empiezan siempre con la palabra "Modo". Los avisos de estado muestran estados de funcionamiento que no representan un fallo o error. El inversor continúa inyectando.

Aviso	Explicación
Derrateo	Este aviso puede tener varias causas: <ul style="list-style-type: none">- Sobretemperatura del inversor. El inversor reduce su potencia para que el equipo no se sobrecaliente.- Es la limitación externa de la potencia activa a través de la Power Reducer Box y de la Sunny WebBox. El inversor reduce automáticamente su potencia al valor predeterminado por el operadora de red.
Fallo	El inversor ha detectado un fallo. Además, se muestra el mensaje de error concreto.
MPP	El inversor funciona en el modo MPP que es la indicación estándar en el funcionamiento con irradiación normal.
Mpp Peak	El inversor determina el MPP.
Control Red	Monitorización de la red. Este aviso aparece antes de que el inversor esté conectado a la red pública, cuando la irradiación es baja y tras un fallo.
Offset	Ajuste de offset de la electrónica de medición
Rais/riso	Medición de la resistencia del aislamiento de la instalación fotovoltaica
Defecto	El inversor ha detectado una avería. Además se muestra el aviso de error concreto.
Parada	Interrupción del funcionamiento
V-Const	Funcionamiento de tensión constante
Esperando	Todavía no se cumplen las condiciones para la conexión de red.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

4.5.- Identificación de los sensores y cableado.

4.5.1.- Ubicación de sensores y generadores en la instalación

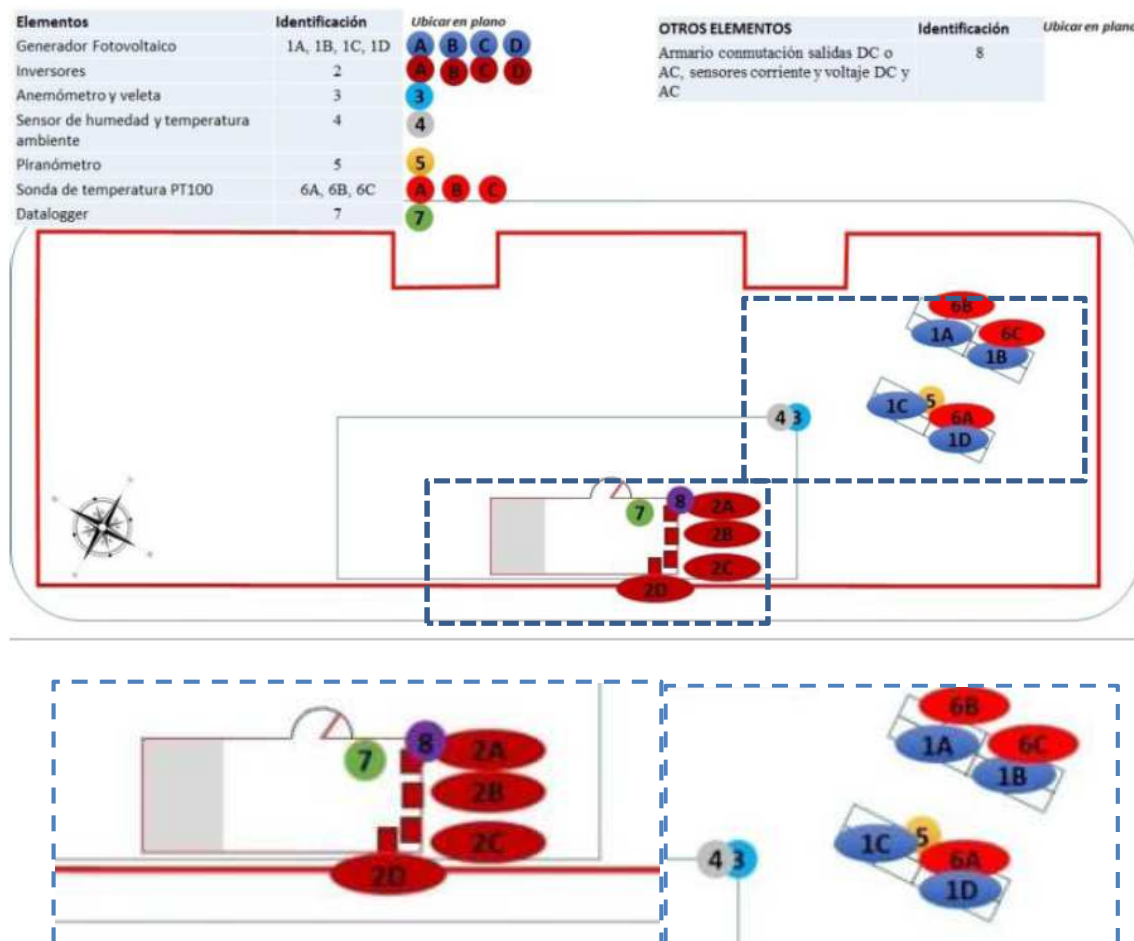


Figura 4.10: Ubicación de los sensores, generador y datalogger.

4.5.2.- Códigos de colores en la entrada del datalogger

Cable Ethernet

Sensor	Hilo	Canal	Comentario
Veleta+	Marrón	122-H	
Veleta-	Marrón-blanco	122-L	Puente hacia 121-L
Anemómetro+	Verde	121-H	
Anemómetro-	Marrón-blanco	121-L	Puente hacia 122-L
Humedad+	Azul	321-H	
Humedad-	Azul-blanco	321-L	Puente hacia 322-L
Temperatura+	Verde-blanco	322-H	
Temperatura-	Azul-blanco	322-L	Puente hacia 321-L
Irradiación+	Naranja	221-H	
Irradiación-	Naranja-blanco	221-L	



**DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN
BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES
FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED**

Cable Ethernet N°1

Sensor	Hilo	Canal
Idc1+	Verde	111-H
Idc1-	Verde- blanco	111-L
Vdc1+	Marrón	112-H
Vdc1-	Marrón- blanco	112-L
Idc2+	Naranja	115-H
Idc2-	Naranja- blanco	115-L
Vdc2+	Azul	116-H
Vdc2-	Azul-blanco	116-L

Cable Ethernet N°2

Sensor	Hilo	Canal
Idc3+	Verde	311-H
Idc3-	Verde- blanco	311-L
Vdc3+	Marrón	312-H
Vdc3-	Marrón- blanco	312-L
Idc4+	Naranja	315-H
Idc4-	Naranja- blanco	315-L
Vdc4+	Azul	316-H
Vdc4-	Azul-blanco	316-L

Cable Ethernet N°3

Sensor	Hilo	Canal
Iac1+	Verde	113-H
Iac1-	Verde- blanco	113-L
Vac1+	Marrón	114-H
Vac1-	Marrón- blanco	114-L
Iac2+	Naranja	117-H
Iac2-	Naranja- blanco	117-L
Vac2+	Azul	118-H
Vac2-	Azul-blanco	118-L

Cable Ethernet N°4

Sensor	Hilo	Canal
Iac3+	Verde	313-H
Iac3-	Verde- blanco	313-L
Vac3+	Marrón	314-H
Vac3-	Marrón- blanco	314-L
Iac4+	Naranja	317-H
Iac4-	Naranja- blanco	317-L
Vac4+	Azul	318-H
Vac4-	Azul-blanco	318-L



5.- MONITORIZACIÓN Y CONTROL MEDIANTE LABVIEW.

5.1.- Entorno Labview

Labview (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) es un entorno de programación gráfica, que pertenece a la empresa National Instruments, destinado a la medición y test para el desarrollo de sistemas de pruebas y control. La principal característica lo diferencia de otros entornos existentes en el mercado, es el uso de íconos gráficos e intuitivos. LabVIEW permite la integración de miles de dispositivos hardware y ofrece un amplio repertorio de bibliotecas integradas para la instrumentación virtual.

LabVIEW fue creado en 1986, pero no fue hasta 1992 cuando se introdujo en el mercado español. Desde entonces ha crecido notablemente tanto en el mundo educativo, como el mundo profesional, convirtiéndose en la actualidad en uno de los entornos con mayores avances y usos en el sector de la instrumentación virtual [7].

5.1.1- Familiarización con LabVIEW

Lo primero que debemos saber de LabVIEW antes de empezar a usarlo es que los programas creados reciben el nombre de VI (*Virtual Instruments*). Cada fichero VI consta de los siguientes componentes:

- Panel frontal, es la parte que verá el usuario. Se trabaja en él con la paleta de controles.
- Diagrama de bloques, es el código fuente gráfico. Se trabaja en él con la paleta de funciones.

En la barra de herramientas encontraremos todos los botones para ejecutar los ficheros VI. En el menú encontraremos todas las funciones necesarias para guardar el archivo, editarlo, operar con él, ver las propiedades, seleccionar la ventana que deseamos ver, solicitar ayuda, etc.

Paleta de controles

Esta paleta, como se ha indicado anteriormente, se encuentra en el panel frontal. En él se pueden seleccionar los terminales (controles e indicadores) para poder interactuar con el usuario.

Los controles son las entradas de datos y los indicadores las salidas. Dentro de este menú existen submenús que se clasifican según el tipo que sean. Entre los más destacados encontramos los submenús *Modern* (en especial las gráficas), *System*, *Classic*, y *Express*, entre otros.

Paleta de funciones

Es la paleta con la que se trabaja en el Diagrama de Bloques. Como ocurre en la paleta de controles, en esta también podemos encontrar submenús dentro de cada menú. Cabe destacar las funciones *Programming*, *Measurement*, *Instrument* y *Express* como las más importantes. En especial debe hablarse detalladamente de la función *Programming*, ya que con sus submenús podremos crear la mayoría de programas. El primer submenú que encontramos es el de *Structures*, el cual contiene los elementos equivalentes a las instrucciones de control como *WHILE*, *FOR*, *CASE*, *EVENT*, etc.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

Seguidamente encontraremos, entre otros los submenús *Array*, *Cluster*, *Numeric*, *Boolean* y *String*, dependiendo del tipo de dato que queramos tratar.

5.1.2.- Adquisición de datos

Una parte importante de la instrumentación virtual es la adquisición de datos. Una vez tenemos el hardware seleccionado debemos instalarlo correctamente para poder recibir señales a tratar.

El datalogger de Agilent es compatible con Labview. Para ello es necesario instalar los drivers de Agilent 34970, que se pueden descargar de manera gratuita desde la página web de National Instrument. Éstos deben ser guardados en la carpeta de librerías de National Instrument llamada "instr.lib". Mediante estos drivers podremos tomar los datos de los sensores a través de la tarjeta de adquisición de datos e implementar el circuito necesario para obtener el resultado en función a las unidades que nuestros sensores requieran.

Para la ejecución del software en Labview 2010 además es necesario instalar los drivers "NI-Visa 4.3" que también se pueden descargar gratuitamente de la web de National Instrument.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

5.2.- Descripción de la programación.

Se ha creado un proyecto en Labview 2010 llamado "Paneles solares.lvproj" en el cual se ha creado un VI principal llamado **Instalación Conectada a Red AC.vi** el cual se encarga de la monitorización de la instalación y dos subVIs que gestionan el acceso a los datos mediante el Datalogger (subVI **DAQ.vi**) y la configuración de la forma y ubicación de los datos a guardar (subVI **FicheroRedAC.vi**).

La creación de estos tres archivos por separado se realiza para que quede más claro el funcionamiento del programa y para que, si en un futuro, se quiere cambiar de registrador de datos sólo sea necesario modificar un archivo (DAQ.vi) o si se quiere modificar la forma en la que se guardan los datos sólo sería necesario modificar el FicheroRedAC.vi.

En los siguientes apartados se describe el desarrollo de la programación paso a paso.

5.2.1.- Creación del proyecto

Para la creación de un proyecto en Labview seleccionamos en el menú de la ventana principal del *Panel Frontal* >> *File* >> *Create Project* >> *Blank Project*.

Una vez creado, se guarda como (*save as*) en el menú *File* y se cambia el nombre por Paneles Solares y se crea un primer fichero llamado "Instalación conectada a Red AC" seleccionando en el menú *File* >> *New VI*.

Una vez creado, en la ventana del proyecto se hace click derecho con el ratón sobre el fichero nuevo creado y seleccionamos la opción "*Rename*" para modificar el nombre.

5.2.2.- Diseño del entorno.

Una vez creado el VI en la ventana de Diagrama de Bloque, hacemos click derecho con el ratón y tenemos acceso a la paleta de herramientas, seleccionamos la opción *Modern* >> *Container* >> *Tab Control*.

Se le añaden las pestañas necesarias, en este caso un total de 6, haciendo click derecho sobre el elemento y seleccionando "*Add Page Before*".

En la pestaña principal se visualizará parte de la instalación, con los datos de los sensores y los datos de entrada, a esta pestaña la llamaremos "Condiciones iniciales".

En la segunda pestaña se visualizan los datos instantáneos de los sensores, a esta pestaña la llamamos "Datos instantáneos".

En las siguientes pestañas se representan gráficas de la evolución de los datos de los sensores, "Condiciones ambientales", "Tª Paneles", "Voltaje AC" e "Intensidad AC".

En la primera pestaña se añade una imagen de la instalación fotovoltaica sobre la azotea del CEDIT, esto se realiza simplemente cogiendo la imagen de la carpeta correspondiente con el ratón y soltándola en la parte superior derecha.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

Finalmente, en la parte superior colocamos el nombre de "Instalación Conectada a Red" con la opción Label que encontraremos en la paleta del *Panel Frontal >> Modern >> Decorations >> Label*.

El formato de los textos se puede modificar desde la barra superior ubicada en el Panel Frontal "Text Setting".

5.2.3.- Creación de subVIs

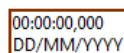
Para que la programación resulte más sencilla se crean subprogramas llamados subVI, estos ficheros se crean por separado y después se hace una llamada a éstos en el fichero principal.

5.2.3.1.- SubVI FicheroRedAC.

Este subprograma sirve para definir en qué lugar, que datos y en qué formato se guardan.

Primero crearemos un "Time Stamp" en el Panel Frontal para seleccionar la hora y fecha del inicio del ensayo, en la pantalla del Panel Frontal, clic derecho para que aparezca la paleta de funciones y dentro de la opción *Modern >> Numeric >> Time Stamp Control*.

Por defecto aparecerá lo siguiente en el Diagrama de Bloque:



Haciendo clic derecho sobre la caja, se selecciona: "Change to Control". De manera automática se cambiará a una cajita diferente y se creará otra en el Panel frontal (Front Panel).



Ya en el diagrama de Bloque, en la misma sub-paleta de Timing, tercera fila, cuarta columna, se escoge la caja "Format Date/Time String" y se conecta con el control Time Stamp a la entrada del Date/Time que lleva el mismo nombre. El resultado tiene que ser un cable grueso de color rojo.

Por la entrada con el nombre de Time Format String se indicará el formato con el que se guardará el archivo. En este caso se indicará la fecha (año, mes, día) y la hora (hora, minutos y segundos). Para ello, clic derecho sobre esta entrada y se selecciona *Create >> Constant*. Aparecerá un cuadrado rosa. El formato en el que queremos que se guarde será: "%Y. %m. %d. %H. %M. %S"

A continuación, en la sub-paleta de String (primera fila, segunda columna), se escoge la caja Concatenate Strings.

Este elemento sirve para concatenar elementos. Uno de ellos será la salida de la caja anterior, y por la otra entrada se indicará el formato en el que se guardará el documento.

Para evitar problemas de compatibilidad se escoge un formato .txt, de manera que se hace clic derecho sobre esta entrada, crear constante y se introduce: ".txt".



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

Alargando la cajita se puede acceder a otra entrada tipo String donde se indicará la dirección donde se guardará el archivo. Este String se crea desde el Panel Frontal, seleccionando en la paleta *Modern >> String & Path >> String Control*. Lo dejaremos en blanco para que pueda modificarse desde el VI principal.

El siguiente elemento se encuentra en *String -> Conversion* (tercera fila, sexta columna) y se selecciona *"String to Path"*.

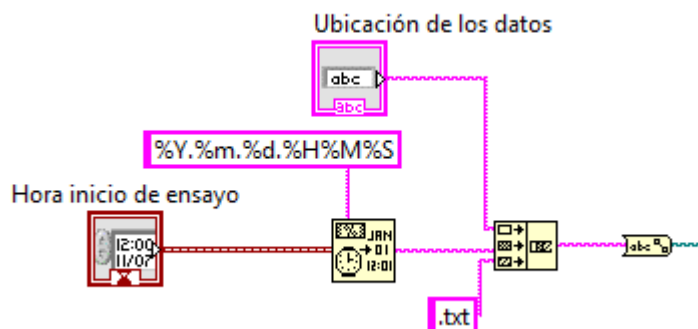


Figura 5.0: Detalle del diagrama de bloques del FicheroRedAC.vi

El color del cable de salida del *String to Path* deberá ser azul. Y se conectará con un elemento que se encuentra dentro de la sub-paleta "File I/O" en la primera fila, primera columna y lleva por nombre *"Write to Spreadsheet File.vi"*. La conexión debe ser por la entrada con nombre file path (color azul). En la parte derecha de este elemento, en el botón new file path se creará un indicador. Esto nos permitirá sacar la información contenida al insertar este VI en futuros proyectos.

El siguiente paso será introducir todas las variables del sistema (sensores).

Seleccionamos dentro de *Programming >> Array >> Build Array*. Dependiendo del número de variables del sistema será necesario estirar este elemento para poder acceder a más entradas. Los colores de las entradas son por defecto de color naranja. Para cambiar a un tipo string (rosa), en *Programming >> String >> String Constant* (cuarta fila, primera columna) permitirá introducir un cuadro de diálogo con una salida que se conectará a la Build Array.

No se pueden mezclar formatos, es decir, si lo que se introduce son sólo strings, o sólo números, no habrá ningún problema. Sin embargo cuando se tengan que introducir ambos, será necesario transformar los números a caracteres alfanuméricos.

Para que todo quede más ordenado, se construyen dos Build Array en el que se introducen los nombres de los datos sin espacios, en el orden que queramos que se guarden. Finalmente se introduce una variable donde se indicará la fecha en la que se han tomado los datos.

Para poder "insertarlas" en una misma array, se utiliza el elemento *"Insert Into Array"* (primera fila, cuarta columna de la paleta Array). En la entrada array se conectará la salida de la primera build array, es decir, mantendrá el orden a la hora de mostrar los resultados, y en la entrada subarray se conectará la otra.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

Una vez tomados los datos los guardamos en un fichero. Para ello seleccionamos la opción de "Write Spreadsheet File" en *Programming >> File I/O*.

Unimos los datos del Array y los datos de entrada y lo añadimos al indicador Path, que nos permite conocer el directorio en el que se encuentra cierto texto procesado.

Para ello en el citado Panel Frontal, usamos la paleta >> *Controls >> Text Inds >> File Path Ind* quedando así:

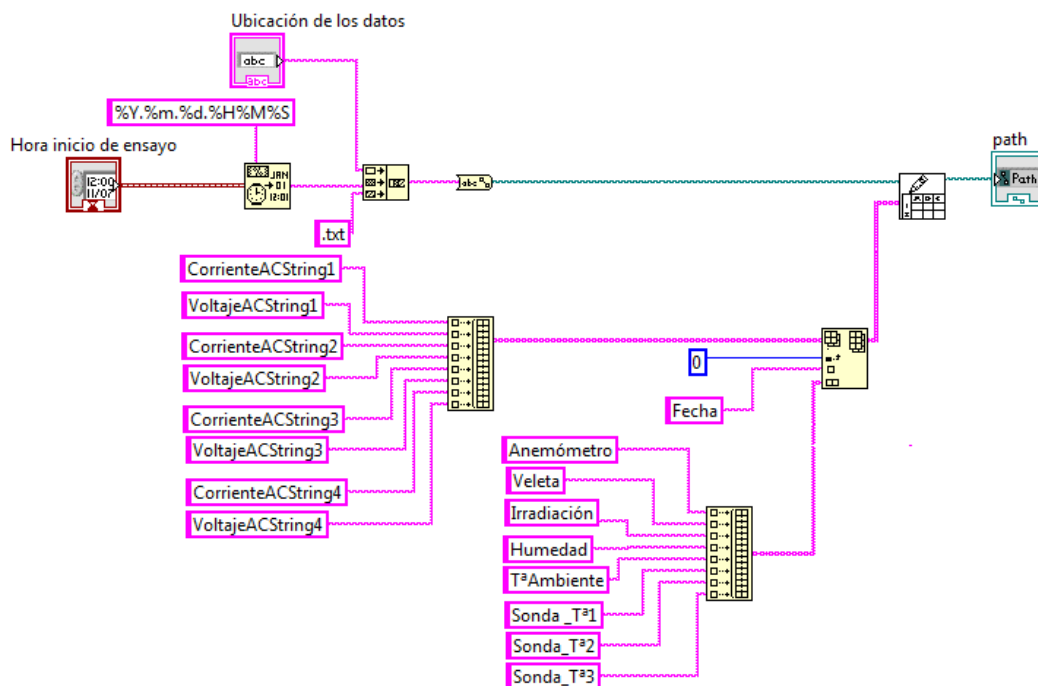


Figura 5.1: Diagrama de bloques completo del VI FicheroRedAC.

Para poder usar este VI como subVI, se necesita asignar una entrada y una salida. La entrada será la fecha en la que se crea el archivo (no los datos tomados) y la salida será el directorio donde se guardará.

Para ello, en el Panel Frontal, en la esquina de arriba a la derecha, se ve un patrón destinado a esta labor. Se escoge el patrón más simple haciendo clic derecho sobre el icono y en la opción Patterns y tomando el siguiente patrón.



Figura 5.2: Detalle patrón subVI.

Haciendo clic primero en uno de los espacios en blanco y después en el indicador correspondiente, se asignará un color. Labview escogerá directamente la entrada y la salida.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

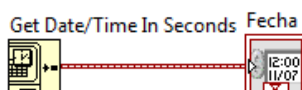
5.2.3.2.- SubVI DAQ (Adquisición de datos)

En este subprograma se extraen los datos del datalogger a través del software Agilent y se guardan en archivos tipo Array de manera ordenada.

Para ello primeramente es necesario definir la fecha y hora de la toma del último dato:

Seleccionamos en la paleta del Diagrama de Bloque la opción *Programming >> Timing >> Get Date*.

Hacemos click en la parte derecha del icono *>> Create >> Indicator* y lo unimos, el color del cable tiene que ser de color rojo.



Los datos se recogen en el datalogger con 3 salidas distintas, ya sean de tipo voltaje, intensidad o temperatura y se guardan en 3 arrays.

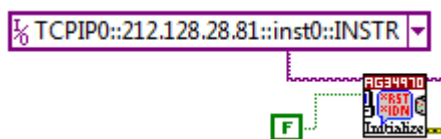
El siguiente paso es introducir los elementos correspondientes al dispositivo de adquisición de datos. El esquema será el siguiente:



El elemento Initialize permite identificar el dispositivo e iniciar el proceso de adquisición de datos.

Haciendo clic derecho dentro del Block Diagram, en la casilla Express -> *Input -> Instrument Driver >> Agilent 34970A* se podrá encontrar este elemento.

Dentro de la ventanita de color morado (clic derecho, crear constante) se indicará el nombre del dispositivo (dirección IP).

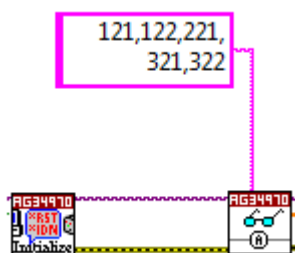


Las salidas del Initialize serán: EZ current.vi, EZ voltaje.vi y EZ temperatura.vi (color morado) que sirve para indicar el dispositivo; y Error Out (color dorado) que sirve para que en el caso de que se produzca un error en el proceso de adquisición en alguno de los elementos, el programa pasará directamente al elemento siguiente.

Los primeros datos que se obtendrán serán los de tipo Corriente. Para ello dentro de la paleta en el Bloque de Diagramas seleccionamos *Instrument I/O >> Instr Drivers >> Agilent 34970A >> Data >> EZ Current*. Aquí se encuentran todos los EZ.vi necesarios.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED



En la parte de arriba de la cajita se encuentra la entrada Scan List. Se hace clic derecho, crear constante y aparecerá un cuadro de dialogo (tipo String) en donde se indicarán los canales del datalogger correspondientes a las variables de tipo corriente. Es importante que estos números se escriben separados por comas y sin espacios.

En la parte de la derecha, existe una salida con el nombre Output Array. Haciendo clic derecho, crear indicador, LabView creará una array en la cual se podrán ver por pantalla (en Front Panel) los valores de los resultados obtenidos.

Se realizan los mismos pasos con los canales de Voltaje y Temperatura con la salvedad de que para los datos de temperatura hay que definir el tipo de sonda como sonda de 4 hilos (wires) RTD85, haciendo click derecho en la parte izquierda inferior del icono >> create >> constant y seleccionar la opción 85. Después en la parte inferior el mismo proceso, create >> constant y seleccionamos la opción 4-wire RTD.

Al igual que con los elementos anteriores, se tendrá una entrada y una salida para el nombre del dispositivo; una entrada y una salida para el error; una lista para indicar los canales correspondientes; y una salida de tipo array para visualizar los resultados por pantalla.

Los datos que se mostrarán por pantalla serán los que el dispositivo toma automáticamente, es decir, no se corresponden a las unidades reales.

El elemento que cierra el ciclo lleva el nombre de Close.vi



Esta cajita (que se encuentra en la misma paleta que Initialize.vi) se le ha conectado un cuadro de dialogo con el nombre de Simple Error Handler.vi que se puede encontrar dentro de *Programming >> Dialog & User Interface* en la segunda fila, primera columna.

El diagrama de bloques quedará de la siguiente manera:



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

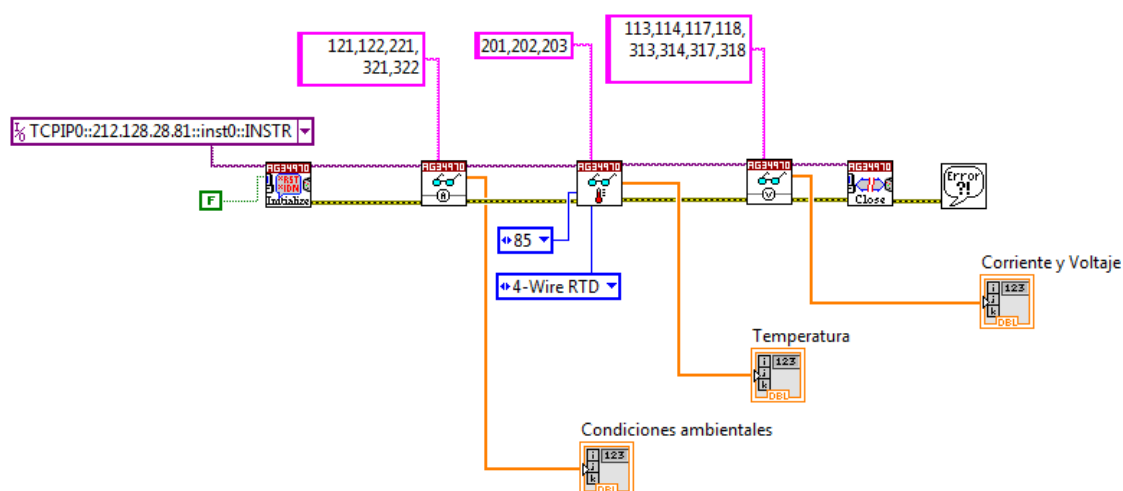


Figura 5.3: Diagrama de bloques de DAQ.vi

Para poder utilizar este VI como un subVI y poder insertarlo en otro proyecto, es necesario irse al Panel Frontal.

Pues bien, al igual que en el apartado anterior, es necesario indicar todas las salidas. Para ello, es necesario cambiar el patrón y seleccionar uno como el siguiente:



El color rojo indica la fecha y el color naranja datos tipo numérico (decimal).



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

5.2.4.- Creación del proyecto base: Instalación conectada a Red AC.

- **Definición del comienzo de toma de datos**

Una vez diseñado el entorno, y los distintos subprogramas, lo siguiente es definir las variables que dan comienzo a la toma de datos.

Primeramente se define la Hora de Inicio de ensayo, la duración y el periodo entre lecturas.

Para la fecha y hora de inicio creamos el elemento "Get Date" en *Programming >> Timing >> Get Date*.

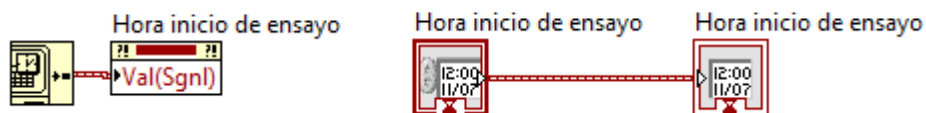
Seguidamente creamos un objeto de control del Get Date, haciendo click en la parte derecha del icono seleccionamos *Create >> Control*. Se creará un elemento en el Panel Frontal que ubicaremos donde corresponda.

A este elemento se le aplica un indicador "indicator", para poder visualizar los datos introducidos en la pestaña primera.

Para ello en el icono Get Date en la parte derecha se hace click en el botón derecho del ratón y se selecciona la opción *Create >> Indicator*. Se unen los iconos hasta comprobar que se visualiza una línea gruesa de color granate.

Finalmente le indicamos a Get Date donde guardar los valores haciendo click sobre el objeto de control de Get Date y seleccionamos *Create >> Property node >> Value (signaling)*.

Quedará de la siguiente manera:



Para la duración del ensayo y el periodo entre lecturas se elige en la pantalla del Panel Frontal en la paleta la función *Numeric Control en Modern >> Numeric >> Numeric control*.

Para concretar el periodo entre lecturas, es necesario crear un bucle While para definir la toma de datos. Para ello seleccionamos en la paleta del Diagrama de Bloque Programming >> Estructures >> While Loop e introducimos en él la función "Wait (ms)" que se encuentra en Programming >> Timing >> Wait (ms).

Como la función Wait está en milisegundos se multiplica el periodo entre lecturas por 60000 y así conseguimos que la toma de datos definida en el bucle While se realice en minutos.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

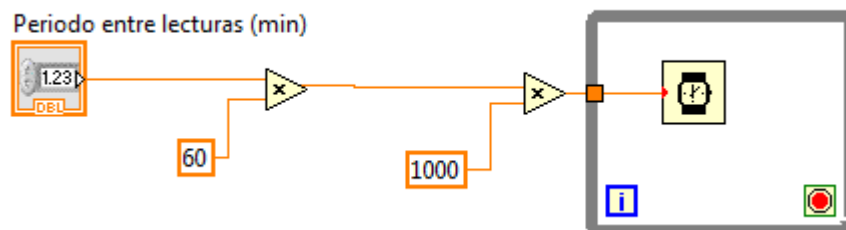


Figura 5.4: Configuración del periodo entre lecturas.

Para ordenar las funciones se usa la estructura *Flat Sequence* en la paleta de *Block Diagram, Programming >> Structures >> Flat Sequence*.

A continuación, una vez tomada la hora de inicio del ensayo, da comienzo la toma de datos que se guardará en un archivo según las indicaciones del fichero "FicheroRedAC.VI".

Para ello seleccionamos en la paleta la opción Functions >> Select VI y buscamos el subVI creado y lo unimos con la hora de inicio del ensayo.

En la parte superior hacemos click derecho e insertamos un String que ubicaremos en la pantalla principal. En dicho String se escribirá la ubicación de la carpeta donde queremos guardar los datos.

• Fin del ensayo

Para definir el fin del ensayo, primeramente representamos la duración del ensayo, en el Panel Frontal con la función de Numeric Control que se encuentra en la paleta >> Express >> NumCtrls >> NumCtrl y le cambiamos el nombre al de "Duración del ensayo (h)".

La hora fin del ensayo será igual a la suma de la hora de inicio del ensayo más la duración del ensayo introducida. Esto se representa de la siguiente manera:

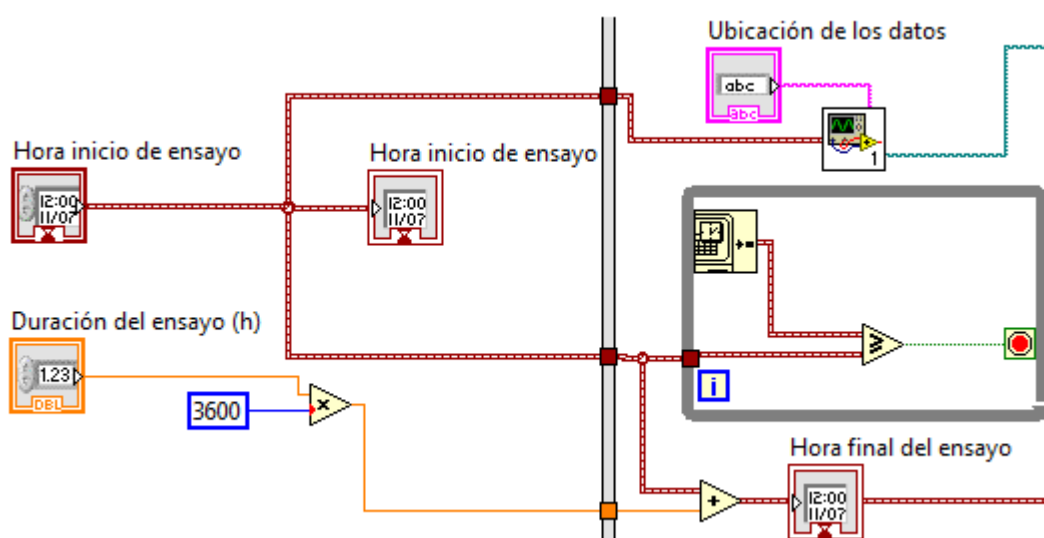


Figura 5.5: Detalle del diagrama de bloques. Definición de la hora final de ensayo.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

Finalmente definimos el final del ensayo cuando el tiempo de la toma del último dato más el tiempo del periodo entre lecturas sea superior a la hora de fin de ensayo o cuando se pulse el botón de paro (STOP) finaliza la toma de datos (fin del bucle While). Esto se representa de esta manera:

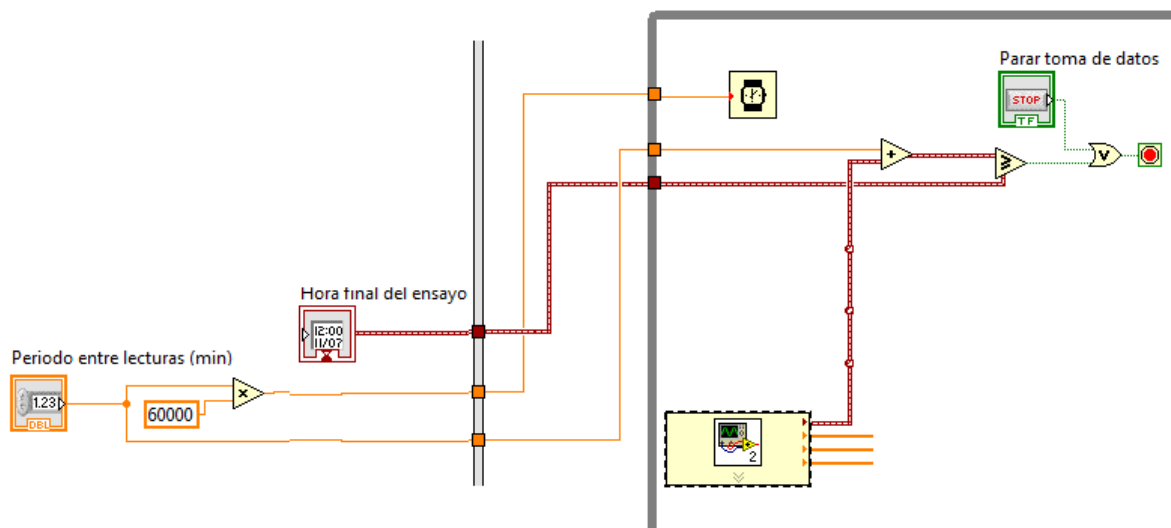


Figura 5.6: Detalle del diagrama de bloques. Definición de fin de ensayo.

Para introducir el botón de paro en el Panel Frontal se selecciona de la paleta >> Express >> Buttons >> Stop Button.

La opción suma se selecciona de la paleta del Diagrama de bloque >> Programming >> Numeric >> Add.

La función mayor o igual se selecciona de la paleta del Diagrama de bloque >> Programming >> Comparison >> Greater or equal.

Para representar la función booleana "or" se selecciona de la paleta del Diagrama de bloque >> Programming >> Boolean >> Or.

- **Bucle toma de datos**

Para definir la representación de los datos se crea un bucle While, estructura que repite una sección de código hasta que se cumpla una condición definida.

Para ello seleccionamos en la paleta del Diagrama de Bloque *Programming >> Estructures >> While Loop*.



Figura 5.7: Bucle While.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

La sección de código representada es el subVI creado de adquisición de datos FicheroRedAC.vi.

El sistema irá recogiendo los datos y representándolos hasta que la condición de paro se cumpla.

Para ello sacamos el subVI FicheroREdAC.vi haciendo click con el botón derecho del ratón >> Select VI.

Cada señal del array del SubVI la sacamos con la función index array ubicada en Programming >> Array >> Index Array. Numeramos cada señal en la parte izquierda abajo, hacemos click con el botón derecho del ratón >> Create >> Constant.

Unimos todas las señales del mismo array y para representarlas en el Panel Frontal, en el mismo icono en la parte derecha hacemos click derecho >> Create >> Indicator y le ponemos nombre a la señal representada.

Hacemos lo mismo con el resto de arrays, representando las señales con los indicadores en la parte correspondiente del Panel Frontal.

Para representar algunas señales es necesaria la conversión de las unidades, según tabla anexa. Por ejemplo para representar el caudal en km/h de la velocidad del aire es necesario multiplicar por 10312,5 el dato del sensor, y restarle 41,25, como se puede ver a continuación:



Figura 5.8: Conversión de datos.

Este valor final lo sacaremos para representarlo en una gráfica tipo Chart, que ubicaremos en la pestaña correspondiente. Podemos encontrarla en la paleta del Panel Frontal en Modern >> Graph >> WaveForm Chart.

Estos valores también se pueden modificar con la opción "Expression node" que podemos encontrar haciendo click con el botón derecho en la paleta de Diagrama de Bloques en Programming >> Numeric >> Expression Node.

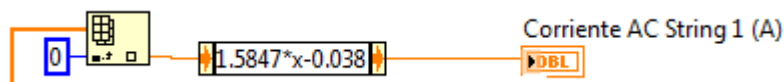


Figura 5.9: Conversión de datos con Expression node

Los datos se guardan como vectores (string), para ello se usa la misma salida de datos una vez convertida y se lleva a un convertidor tipo "Number to exponential string" en Programming >> String >> String/Number conversión.

Finalmente todos estos datos ordenados se introducen en un único array. Programming >> Array >> Insert Into Array y se selecciona el archivo donde se guardará Write To Spreadsheet File.vi, en Programming >> File I/O.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

En este último icono haremos click con el botón derecho sobre la parte superior izquierda para cablearlo con la salida VI "FicheroRedAC" para guardar los datos anteriores en el formato establecido.

Para dar formato a la fecha y hora del último dato creamos "Formate Date" en la paleta Programming >> Timing >> Format Date, lo unimos con la salida superior del subVI DAQ y creamos una constante con la siguiente forma "%Y.%m.%d.%H:%M:%S". Una vez hecho podemos introducir la fecha y hora con un formato correcto uniendo Formate Date con el último Array creado.

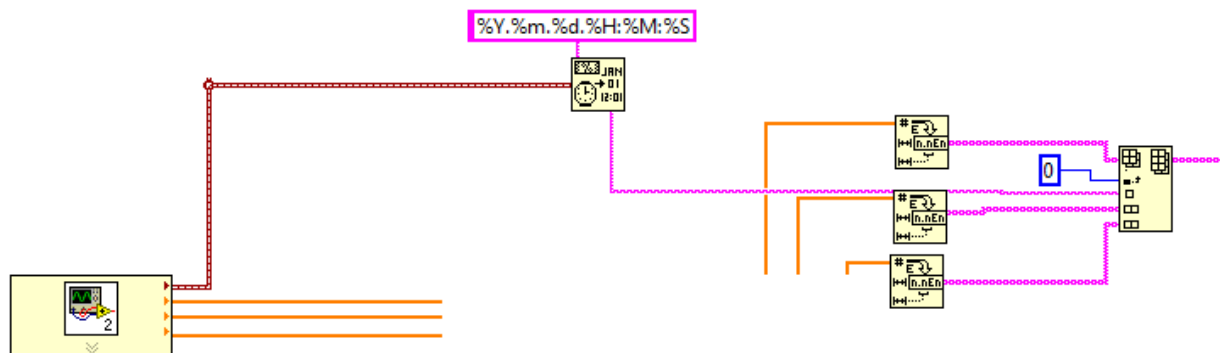


Figura 5.10: Recogida de datos en un Array.

- **Configuración de gráficas**

Una vez tenemos ubicadas todas las gráficas en sus correspondientes pestañas, mediante el menú contextual (botón derecho del ratón sobre el indicador gráfico) o mediante la opción Properties del indicador se pueden configurar múltiples opciones como visualizar la leyenda de las escalas X e Y del gráfico (Show scale legend en Appearance, mostrar una paleta con funciones para desplazarse por la gráfica, realizar zoom, ajustar las escalas de los ejes, cambiar formato, etc. (Show graph palette) y activar la barra de desplazamiento para el eje X, para visualizar los datos anteriores (show x scroll bar).

Quedando como ejemplo la representación de la velocidad el aire, de esta manera:

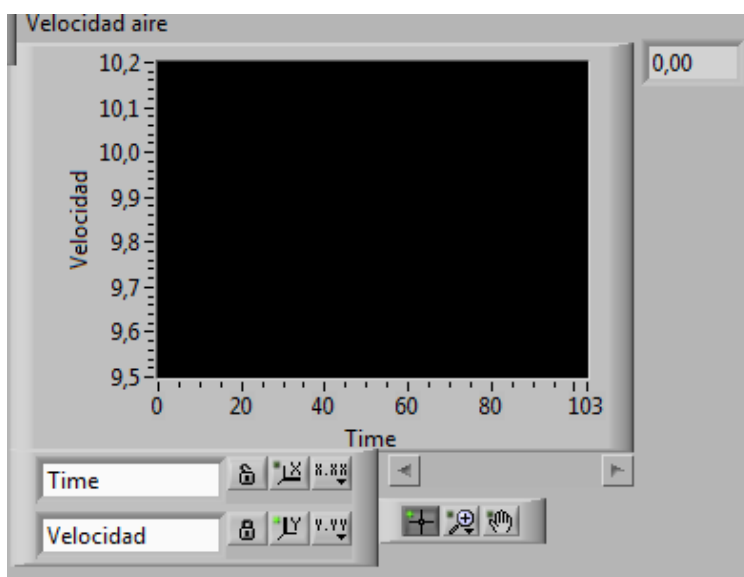


Figura 5.10: Gráfica de la velocidad del aire



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

- **Led de estado del ensayo**

Se incluye además en este Instrumento Virtual un Led indicador del estado del ensayo, diferenciando entre tres estados: "Ensayo Programado", "Ensayo en curso" y "Ensayo programado".

Para añadir el Led vamos a la paleta del Panel Frontal y seleccionamos Modern >> Boolean >> Square Led.

En el Diagrama de bloques lo ubicamos en la última ventana de la estructura "Flat Sequence", fuera del bucle de toma de datos.

Hacemos click sobre el icono con el botón derecho y seleccionamos Create >> Constant y lo dejamos como True.

Para indicar los cambios de texto según el estado del ensayo, vamos a la opción Create >> Property node >> Caption Text, una vez creado hacemos click derecho sobre él y lo modificamos a "Change all to write". En esa misma ubicación escribimos "Ensayo en curso".

Hacemos el mismo paso para "Ensayo programado" y lo ubicamos en la secuencia anterior donde queda definida la programación del ensayo.

Al final del todo dentro del bucle global, que se ejecutaría una vez realizado todos los pasos, se ubica el Texto de "Ensayo finalizado".

Para que el led parpadee cuando el ensayo se está ejecutando usamos la opción Blinking, que también podemos encontrar haciendo click derecho sobre el led, opción Create >> Property node >> Blinking. Al igual que en el caso anterior hay que modificarlo a "Change all to write". Creamos un valor de entrada tipo True y lo ubicamos debajo del icono del led dentro del diagrama de Bloques.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

5.3.- Uso del programa de monitorización.

Como ya se ha descrito anteriormente. El instrumento virtual que se va a manejar para la monitorización y registro de datos es el VI de "Instalación conectada a Red".

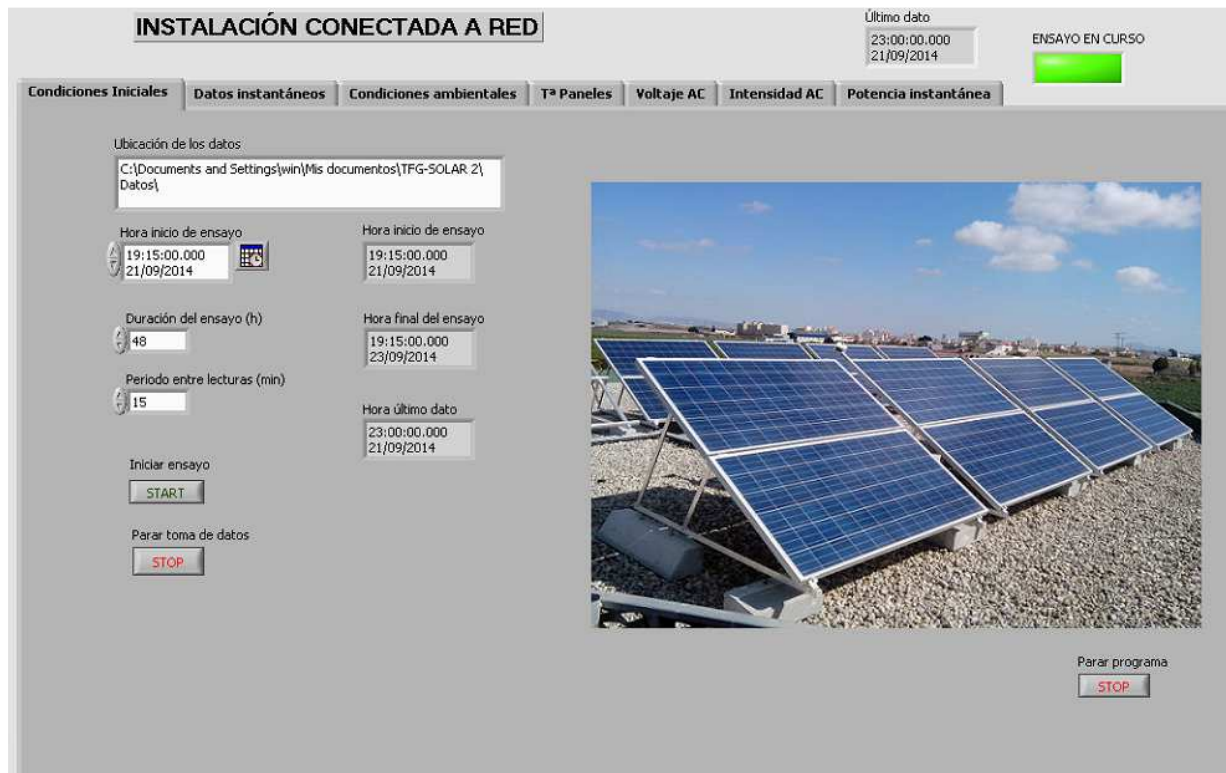


Figura 5.11: Pantalla principal del Panel Frontal

Para comenzar a tomar datos se indica en la ventana de Ubicación de los datos, la carpeta donde se quiere guardar el archivo .txt con los datos del ensayo, el formato debe ser como en el ejemplo: C:\Users\MiPC\Documents\Datos\ escrito sin espacios.

Posteriormente hay que seleccionar la hora de inicio, la duración del ensayo (en horas), el periodo entre lecturas (en minutos) y finalmente se pulsa el botón de START. Existe un indicador con un led que cambiará según el estado en el que se encuentre (Ensayo programado, en curso y finalizado) y un pulsador de STOP para finalizar el ensayo antes de lo indicado.

En la siguiente pestaña de Datos instantáneos podemos visualizar los últimos datos registrados una vez comience el ensayo y en las demás pestañas la evolución de los datos mediante gráficas.



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

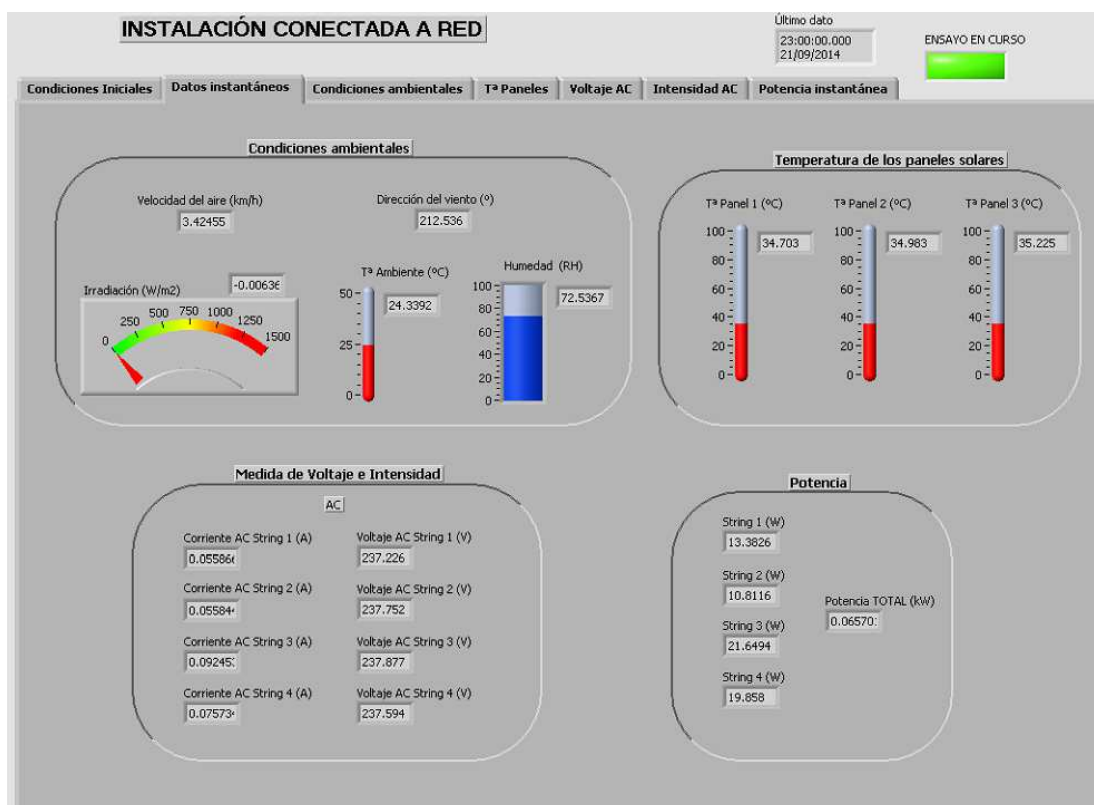


Figura 5.12: Visualización de datos instantáneos del Panel Frontal

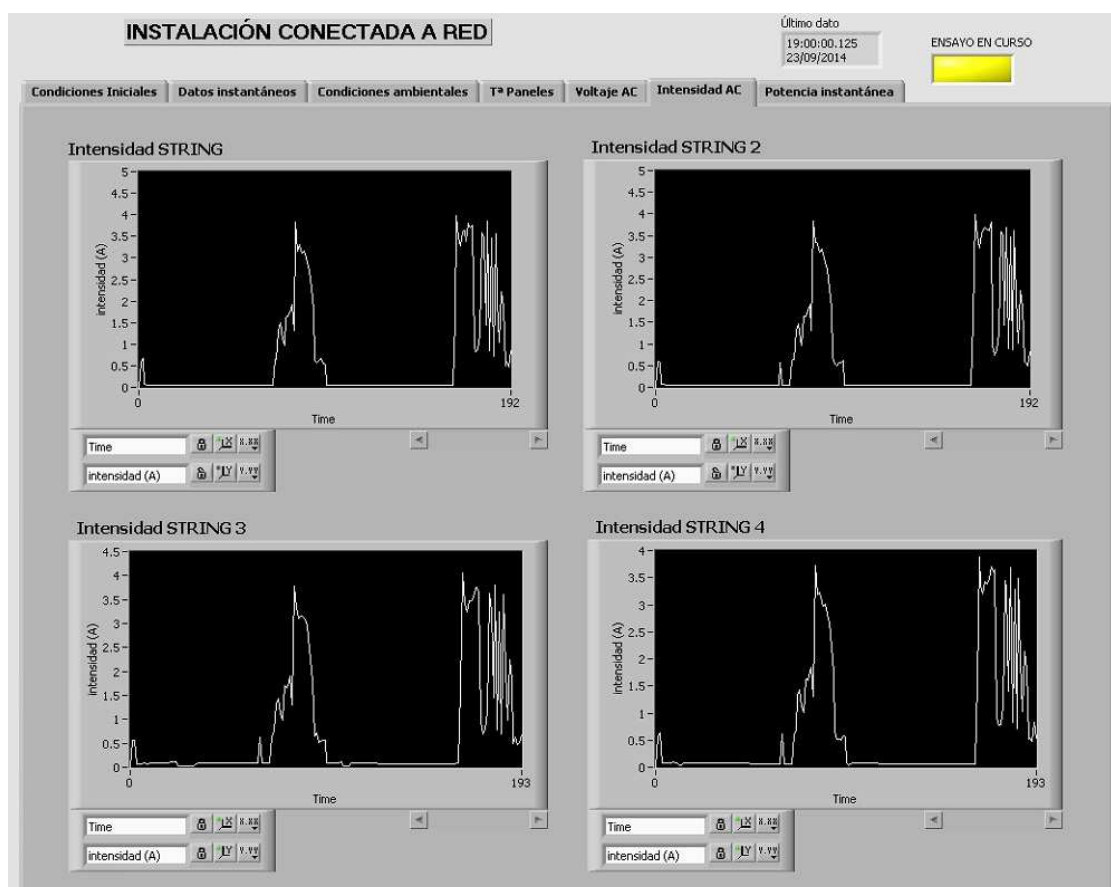


Figura 5.13: Visualización de gráficas de Intensidad de cada STRING del Panel Frontal



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

5.4.- Creación de archivos ejecutables.

Como añadido a este trabajo, se ha creado un archivo ejecutable para poder utilizar el sistema de monitorización sin tener instalado Labview. Para ello se han realizado los siguientes pasos:

1.- **Creación del archivo ejecutable.** Desde la pantalla principal del proyecto Paneles solares se ha seleccionado el archivo "Build Specifications" y haciendo click derecho sobre él se ha seleccionado la opción New >> Application (EXE). Una vez abierta la ventana de Información se modifica el nombre del archivo y la ubicación del mismo. Después se seleccionan los archivos a crear en "Source Files" y se crean los ejecutables pulsando el botón de "Build".

Este archivo creado sólo sirve para ejecutarlo en ordenadores que tengan Labview instalado. Para poder ejecutarlo en cualquier otro ordenador es necesario crear un instalador.

2.- **Creación de un instalador.** Con este paso lo que haremos es crear un archivo que contenga las librerías y software necesario para ejecutar nuestro programa. Para ello volviendo a la pantalla principal del proyecto Paneles solares, hacemos click derecho sobre "Build Specifications" y seleccionamos New >> Installer. Nos saldrá una ventana como la anterior, igualmente en Product Information modificamos el nombre del archivo a crear y su ubicación. Después pasamos a "Source Files" y seleccionamos los tres VI y los guardamos en la carpeta correspondiente. Finalmente comprobamos que en la opción Additional Installers esté seleccionada la opción Run-Time Engine correspondiente a nuestra versión de Labview y seleccionamos la opción "Build".

3.- **Instalar librerías en el ordenador.** Una vez realizados el paso 1 y 2, guardaremos los ejecutables en el ordenador donde queremos hacer funcionar el programa e instalaremos las librerías de Labview. Hay que tener en cuenta que para tener acceso al datalogger también necesitaremos los drivers de Agilent.

Una vez realizados estos pasos ya podremos ejecutar los archivos [10].

Nota: Para algunas versiones como por ejemplo la versión de Labview 2010, será necesario también en el paso 2 seleccionar los drivers de "NI-Visa 4.3".



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

6.- ANÁLISIS DE DATOS

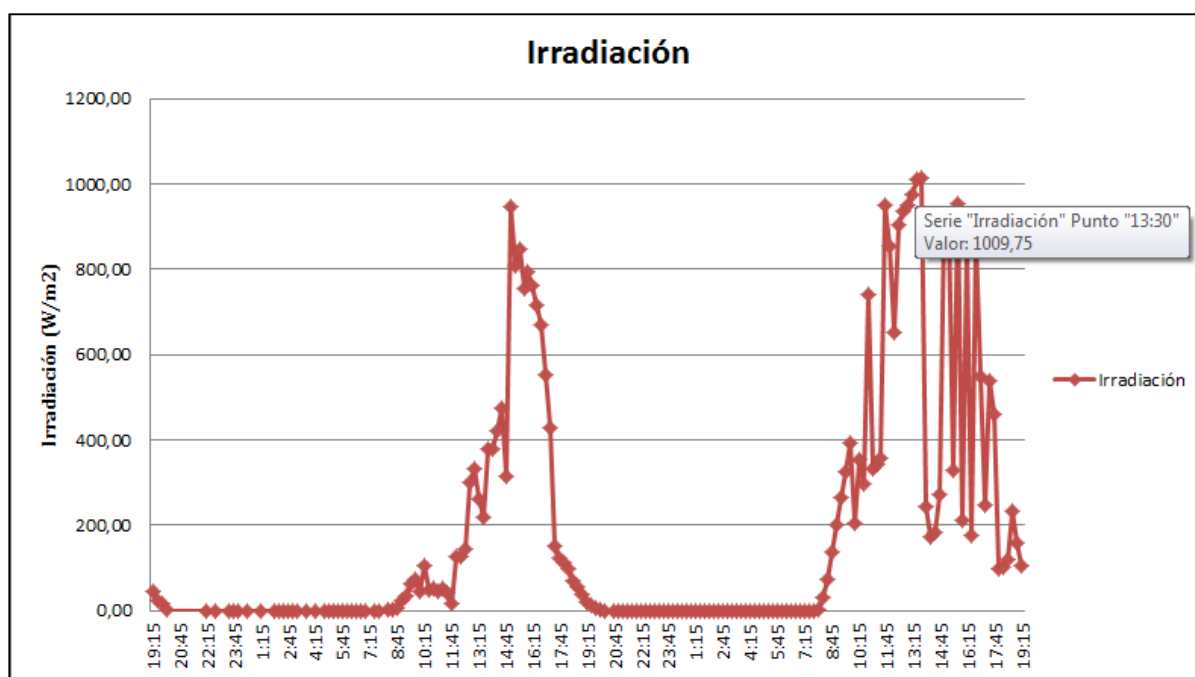
Para comprobar el correcto funcionamiento de la instalación, se ha realizado un ensayo durante dos días desde el día 21 de Septiembre de 2014 a las 19:15 hasta el día 23 de Septiembre a la misma hora.

Los valores en máxima radiación se tomaron el día 23 a las 13:30 y se reflejan en la siguiente tabla:

Velocidad del viento (km/h)	3,21	Corriente AC STRING 1 (A)	3,71
Dirección del viento (°)	60,15	Tensión AC STRING 1 (V)	241,22
Irradiación (W/m2)	1009,75	Corriente AC STRING 2 (A)	3,60
Humedad (%)	42,31	Tensión AC STRING 2 (V)	241,76
Tª Ambiente (°C)	27,68	Corriente AC STRING 3 (A)	3,76
Tª Sonda Paneles 1 (°C)	34,57	Tensión AC STRING 3 (V)	241,99
Tª Sonda Paneles 2 (°C)	34,78	Corriente AC STRING 4 (A)	3,61
Tª Sonda Paneles 3 (°C)	34,93	Tensión AC STRING 4 (V)	241,44

Potencia instantánea total: 3,548 kW

En la siguiente gráfica de irradiación podemos comprobar que las horas de mayor irradiación solar del día 22 se produjeron desde aproximadamente las 13:15 hasta las 17:45, debido a que la mañana fue lluviosa.

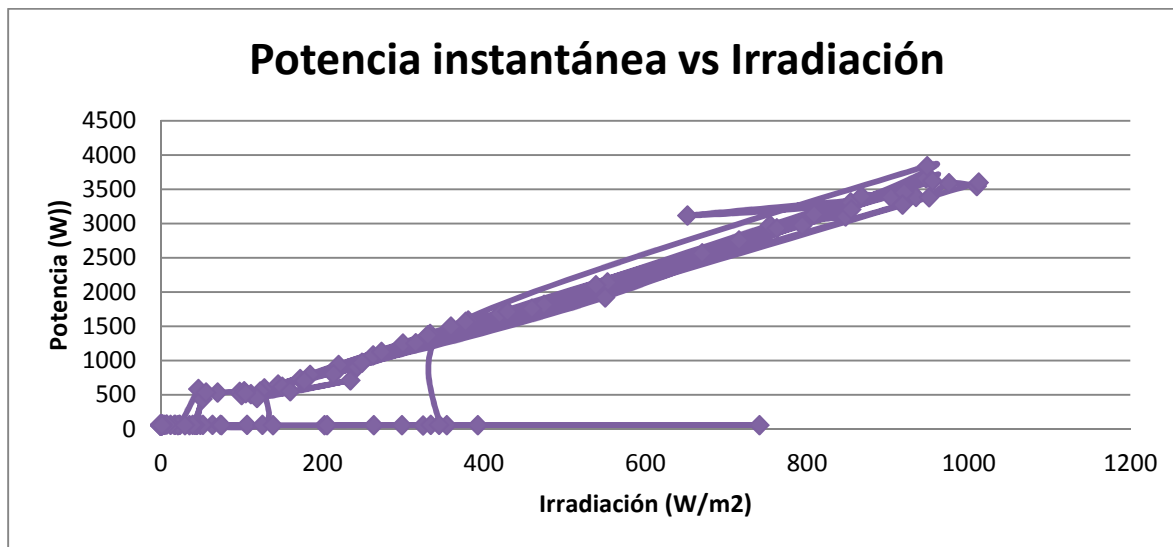




DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

El día 23 de septiembre fue un día soleado con varios periodos de nubes, las horas de mayor radiación solar se obtuvieron desde las 9:30 hasta las 18:00 aproximadamente.

De los datos obtenidos también podemos observar que existe una relación lineal entre la Irradiación y la Potencia instantánea obtenida.





7.- CONCLUSIONES

En este trabajo fin de grado se ha realizado un estudio sobre la energía solar fotovoltaica conectada a red, describiendo los distintos tipos de instalaciones, sus componentes y parámetros característicos.

Se ha analizado la importancia de la monitorización de este tipo de instalaciones y descrito en detalle la instalación fotovoltaica realizada sobre la azotea en el edificio del CEDIT.

Se ha puesto a punto la instalación y realizado una guía de uso de la de la misma, recopilando la información de la instalación e implementando un sistema de monitorización mediante software Labview para instalaciones conectadas a red, para permitir a futuros alumnos estudiar y analizar el funcionamiento de un sistema fotovoltaico real. Este programa se ha dejado instalado en un ordenador del laboratorio del departamento de Ingeniería Térmica y Fluidos de la Universidad Politécnica de Cartagena, el cual está conectado a la red interna de la Universidad y por tanto tiene acceso de forma remota al datalogger. Así mismo, se han descrito también otras posibilidades de monitorización a través del datalogger de Agilent.

Se ha definido en detalle el proceso de programación para la obtención del sistema de monitorización mediante Labview, realizando un manual de uso del programa desarrollado. Se podrán visualizar los datos instantáneos recogidos de la instalación, datos eléctricos y ambientales, y analizarlos posteriormente ya que se guardarán los datos en un archivo *.txt con las diferentes variables monitorizadas durante el periodo de estudio. Este programa se deja en código abierto para que sea posible la ampliación y adaptación del programa a otras necesidades futuras.

Se ha creado también un archivo ejecutable del programa para poder ser utilizado en otros ordenadores conectados a la red de la UPCT que no dispongan de Labview, incluyendo un Instalador de Librerías y Drivers para el uso del mismo. Se describe el proceso de creación de los mismos y su proceso de instalación.

En último lugar se han realizado una serie de ensayos para comprobar que la instalación y el sistema de monitorización funcionan correctamente dando por finalizado este trabajo fin de grado.



8.- FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Como continuación a este trabajo, se propone el seguimiento de la instalación a lo largo de un año, para conocer cuál es su rendimiento real y así poder compararlo con diferentes modelos predictivos.

Para ello, como ya se ha comentado anteriormente, se deja operativo en el Laboratorio del departamento de Ingeniería Térmica y Fluidos de la UPCT un ordenador con el programa de Labview instalado que puede acceder mediante la red interna de la universidad a los datos de la instalación. Este ordenador deberá permanecer operativo a lo largo de ese periodo de tiempo.

Además, mediante la conexión a un String en corriente continua de manera aislada se podrán estudiar diferentes cargas alimentadas, como por ejemplo baterías. Se propone por tanto, el desarrollo de otro proyecto mediante Labview para el estudio de la instalación en Corriente Continua, ofreciendo la posibilidad de obtener las curvas I-V de cada String.



9.- BIBLIOGRAFIA

- (1) Miguel Alonso Abella. *Sistemas Fotovoltaicos*, 2005.
- (2) Eduardo Lorenzo. *Electricidad solar. Ingeniería de los sistemas fotovoltaicos*. 1994.
- (3) Re-construyendo el Futuro sostenible. Libro de Actas del XV Congreso Ibérico y X Congreso Iberoamericano de Energía Solar. Vigo, Galicia, España. 19-22 Junio 2012.
- (4) Artículo sobre "Monitorización wireless de instalación fotovoltaica de 56 kwp en el parque tecnológico de Andalucía basada en la tecnología OPC".
- (5) Grupos de Investigación y Desarrollo de Energía Solar y Automática de la Universidad de Jaen: www.ujaen.es/investiga/solar/index.htm.
- (6) Diversas webs comerciales de sistemas de monitorización fotovoltaica: www.ismsolar.com, www.resenergie.com/monitorizacion, www.monsol.net, etc.
- (7) Antonio Manuel Lázaro. *LabVIEW 7.1 programación gráfica para el control de instrumentación*, 2005.
- (8) Red Eléctrica de España: www.ree.es
- (9) European Photovoltaic Industry Association: www.epia.org
- (10) Ayuda y soporta de National Instrument: www.ni.com
- (11) Catálogos del fabricante.



GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA
Universidad Politécnica de Cartagena

ANEXOS



- **Catálogos de equipos.**
 - **Módulos fotovoltaicos**
 - **Datalogger.**
 - **Inversor.**
 - **Piranómetro.**
 - **Sensor de humedad y temperatura.**
 - **Anemómetro y veleta.**
- **Planos e imágenes.**
 - **Diagrama eléctrico.**
 - **Ubicación de equipos.**
 - **Dimensiones de la estructura.**
 - **Panel Frontal LABVIEW.**
 - **Diagrama de Bloques LABVIEW.**
- **Tabla de conversión de datos.**
- **Manual de uso del proyecto CEDIT-Solar.**
- **Datos obtenidos del ensayo.**



**DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN
BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES
FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED**

CATÁLOGOS DE EQUIPOS



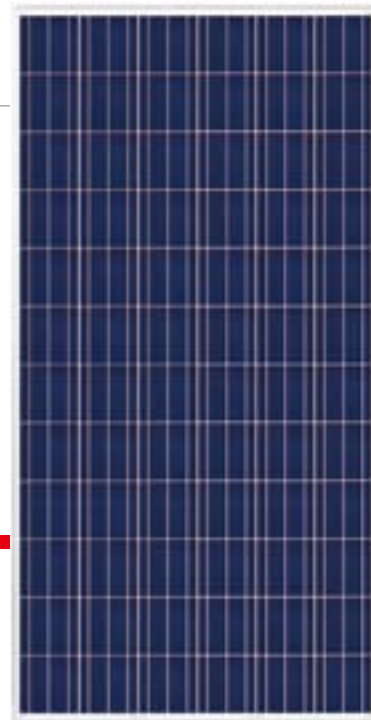
**DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN
BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES
FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED**

Módulos fotovoltaicos

- Trina TSM-PC 14 -

TSM-PC14

THE UTILITY MODULE



72 CELL

MULTICRYSTALLINE MODULE

285-295W

POWER OUTPUT RANGE

15.2%

MAXIMUM EFFICIENCY

0~+3%

POWER OUTPUT GUARANTEE

As a leading global manufacturer of next generation photovoltaic products, we believe close cooperation with our partners is critical to success. With local presence around the globe, Trina is able to provide exceptional service to each customer in each market and supplement our innovative, reliable products with the backing of Trina as a strong, bankable partner. We are committed to building strategic, mutually beneficial collaboration with installers, developers, distributors and other partners as the backbone of our shared success in driving Smart Energy Together.

Trina Solar Limited
www.trinasolar.com

Trinasolar
Smart Energy Together



Ideal for large scale installations

- High power footprint reduces installation time and BOS costs



One of the industry's most trusted modules

- Field proven performance
- Strong, reliable supplier



Highly reliable due to stringent quality control

- Over 30 in-house tests (UV, TC, HF, and many more)
- In-house testing goes well beyond certification requirements

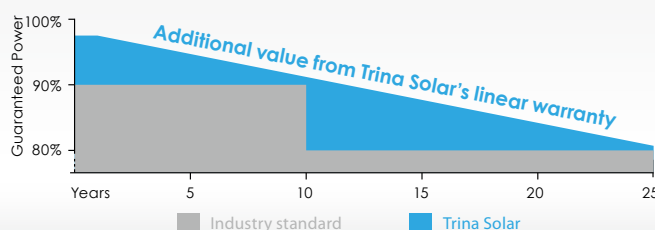


Certified to withstand challenging environmental conditions

- 2400 Pa wind load
- 5400 Pa snow load
- 25 mm hail stones at 82 km/hr

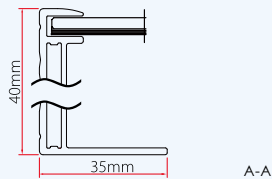
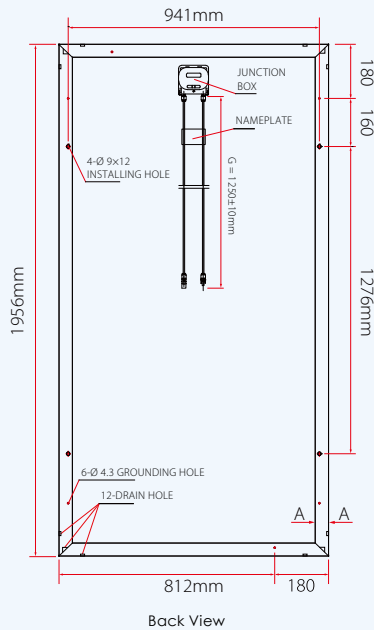
LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

10 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty

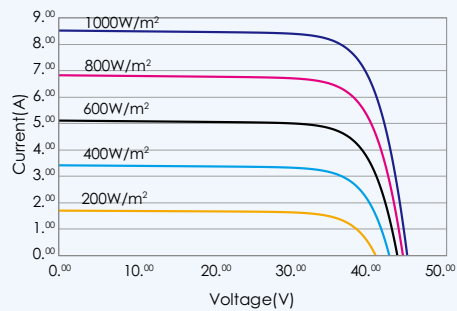


TSM-PC14 THE UTILITY MODULE

DIMENSIONS OF PV MODULE TSM-PC14



I-V CURVES OF PV MODULE TSM-290 PC14



CERTIFICATION



ELECTRICAL DATA @ STC	TSM-285 PC14	TSM-290 PC14	TSM-295 PC14
Peak Power Watts- P_{MAX} (Wp)	285	290	295
Power Output Tolerance- P_{MAX} (%)	0/+3	0/+3	0/+3
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	35.6	36.1	36.6
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	8.02	8.04	8.07
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	44.7	44.9	45.2
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	8.50	8.53	8.55
Module Efficiency η_m (%)	14.7	14.9	15.2

STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3.
Average efficiency reduction of 4.5% at 200 W/m² according to EN 60904-1.

ELECTRICAL DATA @ NOCT	TSM-285 PC14	TSM-290 PC14	TSM-295 PC14
Maximum Power- P_{MAX} (Wp)	207	211	214
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	32.1	32.6	33.0
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	6.46	6.47	6.48
Open Circuit Voltage (V)- V_{OC} (V)	40.7	40.9	41.2
Short Circuit Current (A)- I_{SC} (A)	6.93	6.97	7.00

NOCT: Irradiance at 800 W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Solar cells	Multicrystalline 156 × 156 mm
Cell orientation	72 cells (6 × 12)
Module dimensions	1956 × 992 × 40 mm
Weight	27.6 kg
Glass	High Transparency Solar Glass 4.0 mm
Backsheet	White
Frame	Silver Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 67 rated
Cables	Photovoltaic Technology cable 4.0 mm², 1250 mm
Connector	Original MC4

TEMPERATURE RATINGS

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45°C (±2°C)
Temperature Coefficient of P_{MAX}	-0.44%/°C
Temperature Coefficient of V_{OC}	-0.33%/°C
Temperature Coefficient of I_{SC}	0.046%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1000V DC(IEC)
Max Series Fuse Rating	15A

WARRANTY

10 year Product Workmanship Warranty

25 year Linear Power Warranty

(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

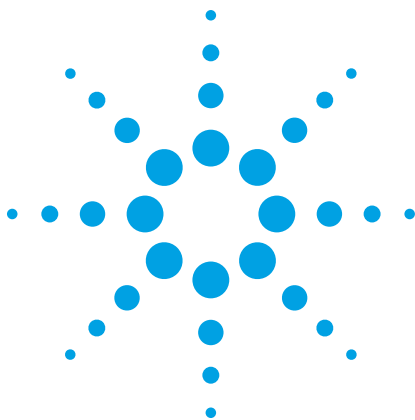
Modules per box: 25 pieces

Modules per 40' container: 550 pieces



**DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN
BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES
FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED**

**Datalogger
- Agilent 34970A -**



Agilent 34970A

Familia de unidades de adquisición de datos/ conmutación

Descripción de producto

34970A

34972A



Rendimiento Agilent por una mínima parte del coste de otros sistemas de adquisición de datos independientes

- Mainframe de 3 ranuras con multímetro digital de 6½ dígitos incorporado y 8 módulos conectables de conmutación y de control opcionales
- Mide y convierte 11 señales de entrada distintas: temperatura con termopares, RTD y termistores; tensión DC/AC; resistencia a 2 y 4 hilos; frecuencia y periodo; corriente DC/AC
- Opciones de I/O Gigabit LAN, USB, GPIB o RS-232 para facilitar la conectividad con el PC
- Interfaz gráfica web para monitorización y control mediante el ratón (34972A)
- Compatibilidad con unidades USB Flash para copiar/registrar datos en aplicaciones independientes (34972A)
- Incluye el software BenchLink Data Logger para configurar y controlar pruebas, mostrar resultados y recopilar datos para su posterior análisis



Agilent Technologies

Contenido

3	Características
6	34970A/34972A: potencia y flexibilidad
7	La unidad 34970A/34972A para aplicaciones de adquisición de datos
10	Uso de la unidad 34970A/34972A para aplicaciones de equipos de prueba automatizados
11	Lista de características del equipo de prueba automatizado
12	Uso de la unidad 34970A/34972A para aplicaciones de conmutación
13	Personalice la unidad 34970A/34972A con módulos conectables
13	Guía de selección rápida de módulos
14	Calidad Agilent
15	Guía de interpretación de especificaciones
16	Especificaciones de precisión
18	Velocidad de medición de sistema
19	Especificaciones del sistema
19	Software Agilent BenchLink Data Logger incluido
20	Especificaciones de los módulos
21	Guía de selección de multiplexores (34901A, 34902A y 34908A)
23	Módulo de actuador (34903A)
23	Módulo de matriz (34904A)
24	Módulos de multiplexor de RF (34905A, 34906A)
25	Módulo multifunción (34907A)
26	Montaje en rack y dimensiones
27	Información para pedidos

Características

Precio y rendimiento sin competencia

Atrévase a comparar las unidades de adquisición de datos/ conmutación 34970A y 34972A de Agilent Technologies con otros de los sistemas de adquisición de datos disponibles en el mercado. Será difícil que encuentre un sistema que ofrezca el potente rendimiento de medida, la flexibilidad, las opciones de conectividad y la facilidad de uso de la unidad 34970A/34972A, incluso en sistemas que cuestan entre 3 y 5 veces más.

¿Qué puede esperar de un sistema de adquisición de datos con este precio? Medidas plenamente fiables

Hemos tomado el dispositivo de medida del multímetro digital de banco de trabajo más vendido y lo hemos integrado en un mainframe de 3 ranuras. Así, disfrutará del rendimiento de medida probado de Agilent, entradas universales con acondicionamiento de señal incorporado y flexibilidad modular, todo ello en un paquete de adquisición de datos compacto y económico. La unidad 34970A/34972A presenta 6½ dígitos (22 bits) de resolución, precisión de DCV básica del 0,004 % y ruido de lectura ultrabajo. Combine estas características con velocidades de barrido de hasta 250 canales/s y obtendrá la velocidad y precisión necesarias para terminar los trabajos con éxito y a la primera.

Acondicionamiento de señal incorporado para obtener resultados a la primera

¿Necesita medir temperatura, tensión AC/DC, resistencia, frecuencia o corriente? Confíe en la unidad 34970A/34972A.

El multímetro digital con autorango mide directamente 11 funciones distintas, sin que sea necesario realizar un costoso acondicionamiento de señal externo. Y nuestro diseño exclusivo permite una configuración por canal completa para conseguir la máxima flexibilidad y una configuración rápida y sencilla. Es como tener un multímetro digital de alto rendimiento e independiente tras cada canal.

Conectividad estándar con el PC

Independientemente del uso de interfaces GPIB, RS-232, LAN o USB, la familia 34970A/34972A permite una conexión fácil con el PC. La unidad 34972A cuenta con interfaces Gigabit LAN y USB 2.0 incorporadas, por lo que puede conectarse a un PC moderno sin tener que adquirir tarjetas GPIB, cables o convertidores. Además, la conexión LAN estándar ofrece la ventaja adicional de una interfaz gráfica web que facilita la configuración de las medidas y la monitorización de los resultados utilizando un navegador web estándar.

Cómodo almacenamiento de datos en unidad USB Flash

La unidad 34972A también presenta un puerto de memoria USB incorporado que permite utilizar unidades USB Flash para cargar configuraciones de BenchLink Data Logger en el 34972A y recopilar datos sin tener que conectarse a un PC. Los datos pueden registrarse directamente en la unidad USB Flash, ampliando así la memoria del instrumento, o copiarse desde la memoria interna para transferirlos a un ordenador en otro lugar.



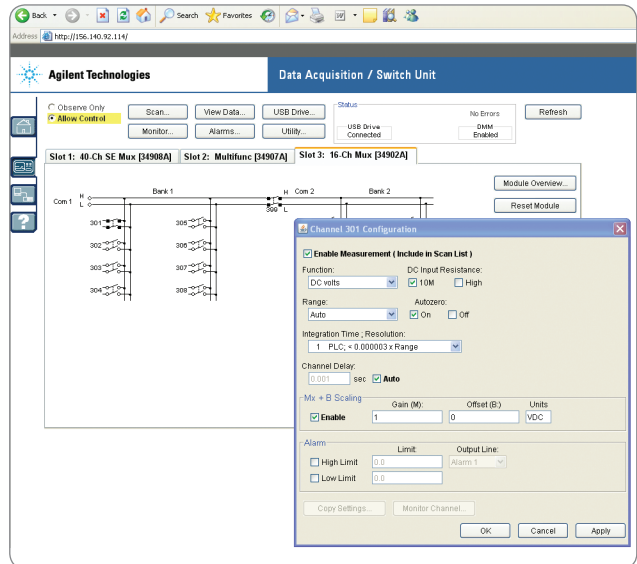
Interfaz gráfica web fácil de usar (solo 34972A)

La interfaz gráfica web incorporada facilita el acceso y el control del instrumento utilizando un navegador web con Java, como Internet Explorer. Esta interfaz permite configurar medidas, definir y ejecutar listas de barrido, o monitorizar los resultados de medida desde cualquier lugar a través de la red. Solo tiene que introducir el nombre de host o la dirección IP en el campo URL del navegador para acceder a las funciones del instrumento, gracias al control por ratón situado en el mismo navegador.

- Especificar la configuración de medida por canal
- Definir y ejecutar exploraciones de conmutación
- Abrir, cerrar o monitorizar posiciones de conmutación
- Monitorizar lecturas de medida
- Ver y guardar datos
- Enviar comandos SCPI y ver el registro de comandos de I/O
- Ver la cola de errores
- Ver información del instrumento, como la configuración de módulos, recuentos de relé, revisiones de firmware y mucho más

Además, como la interfaz web está incorporada en el instrumento, puede acceder desde cualquier sistema operativo que admita navegadores web sin tener que instalar ningún software específico.

Para restringir el acceso, la unidad también dispone de protección por contraseña y bloqueo de LAN. La interfaz gráfica web facilita la configuración de medidas, configuración y ejecución de barridos o la solución de problemas en los diseños desde cualquier lugar a través de la red.

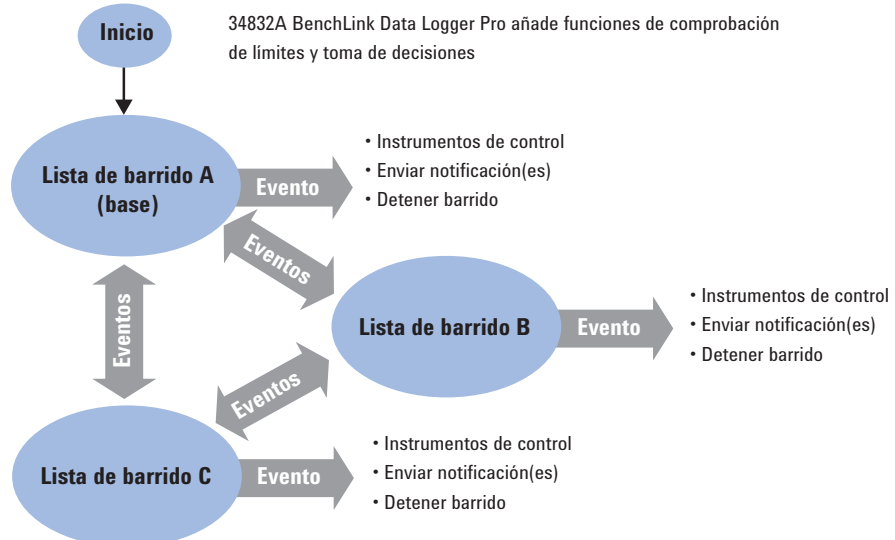


Con el software gratuito BenchLink Data Logger ahorrará tiempo y dinero

Ya no es necesario perder tiempo escribiendo o configurando software. El software Agilent BenchLink Data Logger 3 le permite configurar pruebas y visualizar y analizar datos en tiempo real con la conocida interfaz de Microsoft® Windows®. Aún más, la aplicación de registro de datos está incluida en cada unidad estándar 34970A/34972A de Agilent.

También disponible

El software BenchLink Data Logger Pro añade funciones de comprobación de límites y toma de decisiones para las aplicaciones más complejas. Solo tiene que identificar las medidas que desee adquirir, definir los límites y las acciones que se llevarán a cabo, e iniciar el proceso. Sus datos serán recopilados, evaluados y desencadenarán la acción correspondiente en tiempo real.



Facilidad de uso máxima

Desde la configuración simplificada hasta la interfaz gráfica web de la 34972A, hemos hecho todo lo posible por facilitarle el trabajo. Una serie de sencillas mejoras, como conectores de terminal atornillado en los módulos, uniones de referencia de termopar incorporadas, una documentación de usuario bien organizada con multitud de ejemplos y consejos, y un kit Primeros pasos que le permitirá realizar medidas en cuestión de minutos, se combinan para aumentar la productividad, independientemente de la frecuencia con que use el instrumento.

Configuraciones personalizadas que crecen a su ritmo

3 ranuras para módulos y 8 módulos de conmutación/control permiten personalizar la unidad 34970A/34972A en respuesta a sus demandas específicas. Solo tendrá que adquirir lo que necesite y agregar módulos a medida que crezca su aplicación.

Compatibilidad entre 34970A y 34972A

La unidad de adquisición de datos/conmutación LXI 34972A es la versión LXI de la unidad 34970A. Sustituye a las interfaces GPIB y RS-232 con una conectividad moderna directamente al PC o al ordenador portátil.

Los 8 módulos conectables pueden utilizarse con cualquiera de las dos unidades, de forma que todas las medidas y cableados son compatibles. La unidad 34972A puede integrarse fácilmente en programas de pruebas existentes con solo cambiar la dirección del instrumento. Como el código del 34972A es un superconjunto del código de la unidad 34970A, una vez se cambie la dirección del instrumento, el programa de pruebas se ejecutará normalmente.

Ejemplo:

Cambiar:

```
Set inst1.IO = ioMgr.Open("GPIB0::9::INSTR")
```

A:

```
Set inst1.IO = ioMgr.Open("TCPIP0::156.140.77.230::inst0::INSTR")
```

	34970A	34972A
8 módulos disponibles	•	•
Drivers para LabView	•	•
Drivers IVI-C, IVI-COM	•	•
BenchLink Data Logger	•	•
BenchLink Data Logger Pro opcional	•	•
Interfaz gráfica web		•
Gigabit LAN		•
USB 2.0		•
Puerto de memoria USB		•
GPIB	•	
RS-232	•	

Más potencia y flexibilidad de la que nunca haya podido imaginar

El multímetro digital interno de 6½ dígitos (22 bits) mide 11 funciones sin acondicionamiento externo de la señal

Intuitivo panel frontal con menús de autogüía y orientados a tareas

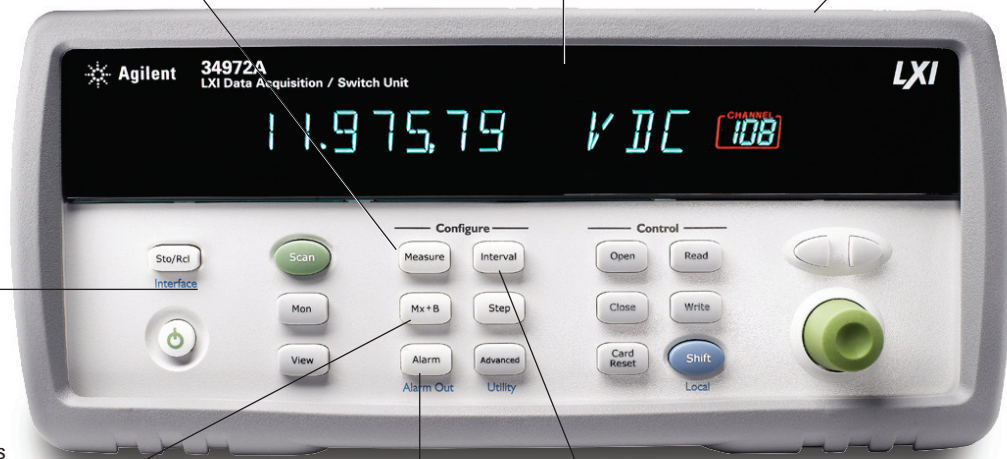
La memoria no volátil de 50 000 lecturas conserva los datos cuando no hay energía

Modo de monitorización para supervisar las pruebas en marcha

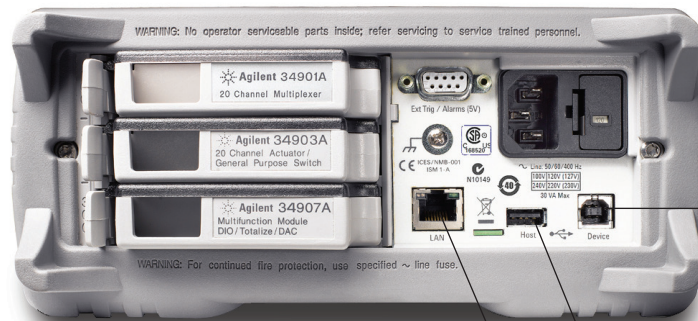
Función de escalado para convertir datos brutos en las unidades definidas por el usuario

Límites de alarma HI/LO en cada canal de entrada más 4 salidas de alarma TTL

Reloj en tiempo real con batería para marcar los barridos y la información temporal de las medidas



34972A



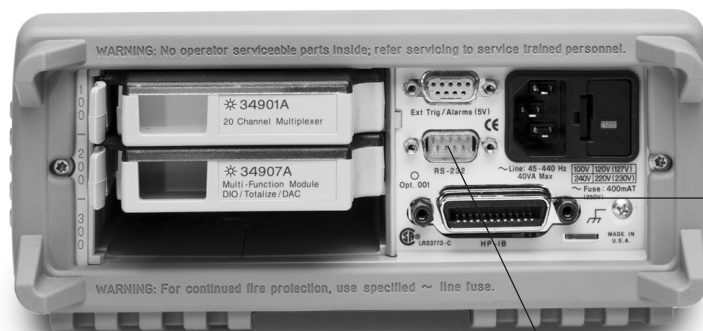
USB

- Hasta 96 puntos de cruce de matriz o 120 canales single-ended
- Ocho módulos conectables de conmutación y de control a elegir
- Agilent BenchLink Data Logger 3, drivers IVI-CC, IVI-COM y drivers para Agilent VEE y NI LabView incluidos

Puerto de memoria USB para registrar/transferir datos a una unidad USB Flash

Puertos LAN y USB incorporados para conexión inmediata a un PC

34970A

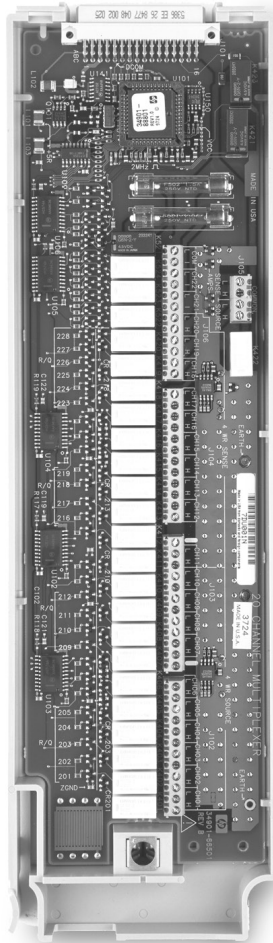


GPIB

Interfaces GPIB y RS-232 incorporadas en 34970A

La unidad 34970A/34972A de Agilent ofrece una versatilidad sin precedentes para aplicaciones de adquisición de datos

En el pasado, había que elegir: por un lado, podíamos disfrutar del funcionamiento sencillo y el bajo coste de un registrador de datos; por otro lado, estaba la flexibilidad y el alto rendimiento de los sistemas de adquisición de datos modulares. Con la unidad de adquisición de datos/conmutación 34970A/34972A de Agilent ya no tiene que elegir: dispondrá de una interfaz de usuario sencilla con un coste por canal mínimo, flexibilidad modular, conectividad estándar y un rendimiento de medida impresionante.



¿Es ingeniero de I+D y necesita caracterizar su último diseño? ¿O un ingeniero de fabricación y quiere construir un sistema de pruebas o solucionar los problemas de un proceso? La unidad de adquisición de datos/conmutación 34970A/34972A ofrece la mejor relación precio-rendimiento de medida.

Un registrador de datos

Configurada con un multiplexor de relé de 20 canales, la unidad 34970A/34972A se convierte en un potente y económico registrador de datos para aplicaciones de caracterización simples. Aún más, las interfaces LAN y USB de la unidad 34972A hacen que resulte ideal para configurar y controlar aplicaciones de registro de datos en ubicaciones remotas. Para más información sobre el uso de la unidad 34970A/34972A para aplicaciones de registro de datos, consulte la página 8.

Una entrada de adquisición de datos

La unidad 34970A/34972A constituye un sistema de prueba automatizado con un excelente rendimiento de medida, con la precisión, resolución y velocidad necesarias. Para obtener información de aplicación, consulte la página 10.

Un sistema de conmutación

Solicite el mainframe sin el multímetro digital interno y tendrá una solución de enrutamiento de señales de alta calidad a un precio aún menor. Para más información, consulte la página 12.

Un registrador de datos fácil de usar para aplicaciones de monitorización y caracterización

Los registradores de datos se utilizan para monitorizar múltiples señales (temperatura, tensión, etc.) durante largos periodos de tiempo para identificar irregularidades. Las aplicaciones de ejemplo incluyen la monitorización de cámaras climáticas, inspección de componentes, pruebas para banco de trabajo, solución de problemas en procesos y realización de perfiles de temperatura.

La unidad 34970A/34972A de Agilent resulta fácil de usar en multitud de aplicaciones de registro de datos y monitorización, ya sea de forma independiente o con un ordenador. Su diseño flexible y modular le permite utilizar de 20 a 120 canales, pudiendo agregarse canales de actuador, I/O digitales y salida analógica para simplificar el control. Su tamaño compacto, sus

robustas características y el puerto de memoria USB de la unidad 34972A hacen que resulte perfecta para aplicaciones portátiles. También puede utilizar las interfaces GPIB (IEEE 488) o RS-232 de la unidad 34970A para sistemas heredados o la unidad 34972A con interfaces LAN y USB estándar para simplificar la conexión sencilla a un PC y dar soporte a aplicaciones remotas. El modelo 34972A puede configurarse en ubicaciones remotas para acceder a él a través de la interfaz web en una conexión de red o a través de su puerto USB, copiando las configuraciones de instrumento y los resultados de los datos de medida en una unidad USB Flash.

Medidas mejores con menos esfuerzo

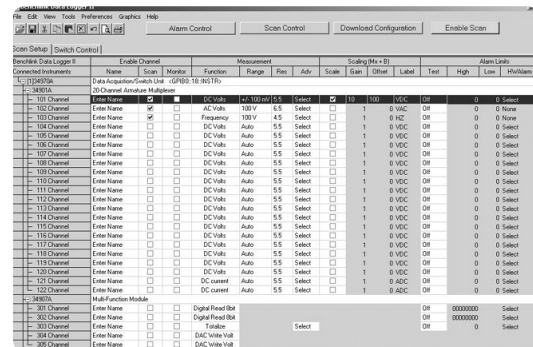
¿Está cansado de los rendimientos de medida mediocres que ofrece la mayoría de registradores de datos y paneles de adquisición de datos conectables? La unidad 34970A/34972A ofrece 6½ dígitos de resolución y precisión de DCV básica a un año del 0,004 %.

Simplifique la recopilación de datos con el software Agilent BenchLink Data Logger 3

¿Necesita funciones de registro de datos basadas en PC pero no quiere invertir horas en programación? El software BenchLink Data Logger 3 es la respuesta. Esta aplicación basada en Windows está diseñada para recopilar y analizar medidas en el PC en un momento. Puede utilizarla para configurar las pruebas, adquirir y archivar datos de medida, y realizar visualizaciones y análisis en tiempo real de las medidas entrantes.

Un entorno de hojas de cálculo muy familiar facilita la configuración y el control de las pruebas. Y un amplio conjunto de gráficos a todo color ofrece distintas opciones para analizar y mostrar los datos, todo con una gran facilidad de manejo con el ratón. Configure distintos gráficos: de banda continua, histogramas, de barras o de dispersión, resultados individuales por canal y mucho más. Además, como es lógico, puede utilizar BenchLink Data Logger 3 para trasladar fácilmente datos a otras aplicaciones para su posterior análisis o para incluirlos en sus presentaciones e informes.

El software BenchLink Data Logger puede ejecutarse conectado al ordenador, de forma independiente en el instrumento o incluso en red, utilizando la interfaz LAN de la unidad 34972A.



Y la 34970A/34972A mide y convierte 11 señales de entrada distintas:

- Temperatura con termopares, RTD y termistores
- Tension DC y AC
- Resistencia a 2 y 4 hilos
- Frecuencia y periodo
- Corriente DC y AC

Además, cada canal se configura de forma independiente. Esto significa que puede configurar el canal 1 para DCV, el canal 2 para un termopar de tipo K y los canales 3 y 13 para la medida RTD a 4 hilos, todo en el mismo módulo y en un único barrido. Para conversiones lineales personalizadas, utilice la función de escalado $Mx + B$ en cualquier canal. Incluso puede visualizarse una etiqueta personalizada de 3 caracteres, como RPM o PSI, para identificar sus unidades de medida.

Alarmas versátiles

Las alarmas también están disponibles por cada canal. Introduzca un límite alto, un límite bajo o ambos. La unidad 34970A/34972A compara cada lectura con sus límites e identifica las medidas fuera de rango. Puede asignar una de las 4 salidas de alarma TTL a cualquier canal de entrada para disparar luces de alarma externas, sirenas o para enviar un pulso TTL al sistema de control, todo ello sin necesidad de tener un PC conectado.

Barridos más simples

La unidad 34970A/34972A genera automáticamente una lista de barrido que incluye todas las entradas configuradas (incluyendo las entradas digitales del módulo multifunción 34907A de Agilent) en orden ascendente según el número de canal. Puede definir el ritmo de los barridos ajustando el temporizador interno de la unidad 34970A/34972A para que realice un barrido automático a intervalos regulares, pulsando manualmente un botón del panel frontal o enviando un comando de software o un pulso de disparo TTL externo.

Monitoree cualquier entrada

Un modo de visualización especial monitoriza un canal de entrada seleccionado, actualizando continuamente la pantalla con nuevas lecturas, incluso durante un barrido. O bien, si se utiliza la unidad 34972A con LAN incorporada, los canales se pueden monitorizar en red usando la interfaz gráfica web. Resulta ideal para vigilar una entrada clave o para solucionar problemas en el sistema antes de una prueba.

La memoria no volátil y la unidad USB Flash añaden portabilidad y comodidad

Todas las lecturas se registran con información temporal automáticamente y se almacenan en una memoria no volátil de 50 000 lecturas: suficiente para guardar los datos de más de una semana de trabajo (20 canales explorados cada 5 minutos). La memoria no volátil conserva los datos incluso tras cortar la alimentación, por lo que puede usar la unidad 34970A/34972A para recopilar datos en una ubicación remota y luego cargarlos en un PC. Y si necesita aún más memoria, el puerto USB de la unidad 34972A puede utilizarse para registrar los datos directamente en una unidad USB Flash o copiarlos desde la memoria de lectura sin tener que conectar un ordenador.

Lista de características del registro de datos

- De 1 a 120 canales de entrada analógica
- Medidas de tensiones DC y AC, de temperatura con termopar, RTD y termistor, resistencia a 2 y 4 hilos, corriente DC y AC, frecuencia y periodo
- 6½ dígitos (22 bits) de resolución con precisión de DCV básica a un año del 0,004 %
- 50 000 lecturas de memoria no volátil, incluido registro en función del tiempo
- Escala y alarmas disponibles en cada canal
- Panel frontal con todas las funciones para una configuración independiente, solución de problemas y visualización de datos
- Software BenchLink Data Logger 3 para configuración y análisis de datos
- Almacenamiento no volátil para 5 estados de instrumentos completos
- Interfaces LAN o USB incorporadas para dar soporte a las aplicaciones de registro de datos remoto (solo 34972A)

Un sistema de adquisición de datos potente y flexible para pruebas automatizadas

La unidad 34970A/34972A le ofrece la resolución, precisión, repetibilidad y velocidad que pueden esperarse de un sistema de adquisición de datos Agilent. Proporciona la potencia de medida que usted necesita, además de enrutamiento de señales y capacidad de control, en un formato flexible y modular que puede crecer y adaptarse a sus distintas aplicaciones.

Medidas con potencia

El multímetro digital interno de 6½ dígitos aporta a la unidad 34970A/34972A la potencia y rendimiento de un multímetro digital independiente de alto rendimiento, pero con un coste mucho menor y en mucho menos espacio. Resulta tan preciso como el mejor multímetro digital de banco de trabajo del mercado: precisión de DCV básica a un año del 0,004 %, precisión de ACV básica a un año del 0,06 % y precisión de resistencia básica a un año del 0,01 %. Nuestra tecnología A/D patentada Multi-slope III ofrece una linealidad increíble (2 ppm de lectura +1 ppm de rango) junto con 22 bits de resolución real. Y gracias a la integración de A/D, también ofrece un excelente rechazo del ruido, toda una ventaja frente a los ruidosos módulos conectables para PC y A/D's de muestreo. Olvidese de tener que promediar grupos de muestras para localizar los datos reales deseados. Y si necesita altas velocidades de barrido, la unidad 34970A/34972A es capaz de ofrecer medidas totalmente convertidas a velocidades de hasta 250 canales/s.

La sección de entrada del multímetro digital está aislada ópticamente y protegida de la circuitería con referencia tierra y de la interfaz de ordenador de la unidad 34970A/34972A, con un máximo de 300 V de aislamiento de entrada. Esto es importante a la hora de reducir los errores de tensión de modo común y de tierra debidos a largos tendidos de cable y fuentes de medida flotantes.

Funcionalidad flexible

El multímetro digital está instalado dentro del chasis, en lugar de situarse en una de las ranuras, dejando las 3 ranuras del mainframe libres para módulos de conmutación y de control. Puede elegir entre 8 módulos distintos (consulte la página 13) para conseguir la precisión de funcionalidad necesaria y la flexibilidad deseada para futuras expansiones.

La versatilidad del multímetro digital interno le permite medir 11 tipos de entradas de forma sencilla y económica. Las tareas de conversión y acondicionamiento de señal incorporadas convierten los datos brutos directamente en información real. Cada canal de medida se puede configurar de forma independiente, por lo que se pueden establecer distintas funciones de medida, factores de escala y límites de alarma, incluso en canales adyacentes. También pueden seleccionarse para cada canal funciones de medida avanzadas, como compensación de offset, tiempo de integración variable y retardo.

Consiga mejores medidas con el acondicionamiento de señal incorporado

La arquitectura de la unidad 34970A/34972A de Agilent ofrece ventajas frente a otras soluciones de adquisición de datos que requieren módulos externos o conectables de acondicionamiento de señal para gestionar funciones distintas de DCV:

- Minimiza el cableado externo y, en consecuencia, el potencial de entrada de ruido y errores en el sistema.
- Reduce los costes ocultos y el coste general del sistema al evitar cables innecesarios, equipos de diagnóstico y elementos de acondicionamiento de señal.
- Simplifica la configuración, agilizándola y simplificándola con menos conexiones y componentes.
- Elimina la necesidad de conjeturas en los análisis de error. La precisión de las medidas puede especificarse para que incluya todos los errores relativos al sistema.
- Mejora la fiabilidad, con menos interconexiones y menos piezas que puedan fallar.

Drivers

Saque el máximo partido al tiempo de desarrollo de software para sistemas de pruebas. La unidad 34970A/34972A dispone de drivers compatibles con C, C#, Visual Basic, Visual Studio, Agilent VEE y National Instruments LabView® para facilitar la integración en su sistema de pruebas. Las interfaces estándar RS-232 y GPIB de la unidad 34970A, o LAN y USB de la 34972A, así como el lenguaje de programación SCPI, facilitan aún más esta integración.

Lista de características del equipo de prueba automatizado

- Mainframe de tarjetas con 3 ranuras y multímetro digital interno de 6½ dígitos (22 bits)
- Precisión de DCV básica a un año del 0,004 %; precisión de ACV del 0,06%
- Hasta 120 medidas unipolares o 96 puntos de cruce de matriz en un instrumento de media anchura de rack de 3½" de altura
- Ocho módulos de conmutación y de control incluyen multiplexores de radiofrecuencia y baja frecuencia, conmutadores matriciales y de actuación, entrada y salida digital, salida analógica y registro de eventos
- Velocidades de barrido de hasta 250 canales/s
- Interfaces GPIB y RS-232 de 115 kbaudios estándar (34970A)
- Interfaz gráfica web para acelerar el desarrollo de pruebas y monitorizar pruebas de forma remota (34972A)
- Drivers disponibles para dar soporte a Agilent VEE y National Instruments LabView
- Función de mantenimiento de relé para el mantenimiento del sistema



Sistema compacto de adquisición de datos de 60 canales

Conmutación de alta calidad y bajo coste para pruebas automatizadas

Si no necesita las capacidades de medida incorporadas de la unidad 34970A/34972A, ahorre costes solicitándola sin el multímetro digital. Así conseguirá la unidad de conmutación más económica del mercado. Es la solución ideal para enrutar señales de prueba desde y hacia el dispositivo sometido a prueba (DUT) y determinados instrumentos, como multímetros digitales externos, osciloscopios, contadores y fuentes de alimentación. Además, si sus necesidades cambian, puede agregar el multímetro digital después.

La funcionalidad que necesita

Hemos invertido mucho tiempo en definir y diseñar los módulos de la unidad 34970A/34972A para abarcar una amplia gama de necesidades de conmutación y enrutamiento de señales con el menor número de módulos posible. ¿El resultado? Pedidos simplificados y una configuración más sencilla. Y, al mismo tiempo, conseguimos mejorar el rendimiento y la densidad. Los módulos de la unidad 34970A/34972A pueden conmutar de microvoltios a 300 voltios, de DC a 2 GHz, y con densidades de hasta 120 canales single-ended o 96 puntos de cruce de matriz por unidad. Además, también existen funciones de control simples, como salidas analógicas, salidas digitales de colector abierto y relés de forma C aislados para controlar dispositivos de potencia superior.

Barrido sencillo

La unidad 34970A/34972A puede realizar barridos de forma sencilla con instrumentos externos. Genera una lista de barrido que incluye todas las entradas de multiplexor de baja frecuencia habilitadas. Los barridos se controlan con la entrada externa de "avance de canal" o con la tecla "Step" del panel frontal.

Conexión a la red de la empresa

La interfaz LAN de la unidad 34972A permite conectar fácilmente el instrumento a la red de la empresa para recopilar datos de medida en una base de datos central, acceder remotamente a la configuración del instrumento o monitorizar los datos de medida desde cualquier punto de la red.



Sistema de conmutación de bajo coste para pruebas automatizadas

Personalice su 34970A/34972A de Agilent con módulos conectables

Una completa selección de módulos conectables le permite elegir entre distintas funciones de medida, conmutación y control de alta calidad. Los módulos incluyen multiplexores de RF y baja frecuencia, un conmutador matricial, un conmutador de uso general y un módulo multifunción que incluye entrada/salida digital, salida analógica y funciones de totalizador. Puede combinar los módulos a voluntad para obtener la funcionalidad precisa que necesita y luego cambiar o agregar más canales a medida que crezca la aplicación.

Los módulos para la unidad 34970A/34972A están diseñados para que las pruebas resulten más sencillas, rápidas y fiables. ¿Cómo? Así:

Mayor producción

Nuestra arquitectura exclusiva incorpora un microprocesador de altas prestaciones en cada módulo, aligerando así la carga del procesador del mainframe y minimizando las comunicaciones de conexión para agilizar la producción.

Más canales en menos espacio

La construcción de montaje en superficie y el diseño altamente integrado minimizan el espacio necesario para los circuitos de interfaces y controladores de relé. Los conectores de los módulos de alta densidad ahorran el espacio de conexión y en las placas que normalmente necesita un bloque de terminales. Utilizamos la tecnología más avanzada para sacar el máximo partido al espacio en placa disponible, ofreciéndole hasta 40 canales single-ended en aproximadamente el mismo espacio utilizado por muchos bloques de terminales de sistemas de adquisición de datos.

Conexiones cómodas

Los conectores de terminal atornillado en los módulos facilitan el cableado. El enrutamiento de cables con alivio de tracción incorporado y los puntos de sujeción aseguran el cableado contra tirones accidentales. Un bus analógico interno enruta las señales desde cualquiera de los multiplexores de baja frecuencia directamente al multímetro digital interno, sin necesidad de conexiones externas.

Utilice la siguiente tabla para localizar los módulos que responden a sus necesidades.

Guía de selección rápida de módulos para las unidades 34970A y 34972A de Agilent

Descripción del modelo	Tipo	Velocidad (canales/s)	Tensión máx.	Intensidad máx.	Ancho de banda	Desviación térmica	Comentarios	Página
34901A Multiplexor de 20 canales + 2 canales de corriente	Armadura a 2 hilos (seleccionable 4 hilos)	60	300 V	1 A	10 MHz	< 3 μ V	Unión fría de referencia incorporada con 2 canales de corriente adicionales (22 en total)	21
34902A Multiplexor de 16 canales	Lengüeta a 2 hilos (seleccionable 4 hilos)	250 ^[1]	300 V	50 mA	10 MHz	< 6 μ V	Unión fría de referencia incorporada	21
34903A Actuador/conm. para uso general de 20 canales	SPDT/Forma C	120	300 V	1 A	10 MHz	< 3 μ V		23
34904A Matriz 4 x 8	Armadura a 2 hilos	120	300 V	1 A	10 MHz	< 3 μ V		23
34905A Multiplexor de RF dual de 4 canales y 50 Ω	Común bajo (no terminado)	60	42 V	0,7 A	2 GHz	< 6 μ V	1 GHz de ancho de banda mediante un cable adaptador de BNC a SMB	24
34906A Multiplexor de RF dual de 4 canales y 75 Ω	Común bajo (no terminado)	60	42 V	0,7 A	2 GHz	< 6 μ V	1 GHz de ancho de banda mediante un cable adaptador de BNC a SMB	24
34907A Módulo multifunción	2 puertos I/O digitales de 8 bits		42 V	400 mA			Drenaje abierto	25
	Contador de eventos de 26 bits		42 V		100 KHz		Umbral de entrada seleccionable	
	2 salidas analógicas de 16 bits		± 12 V	10 mA	DC		Salida total máx. de 40 mA por unidad	
34908A Multiplexor single-ended de 40 canales	Armadura a un hilo (común bajo)	60	300 V	1 A	10 MHz	< 3 μ V	Unión fría de referencia incorporada Sin medidas a 4 hilos	21

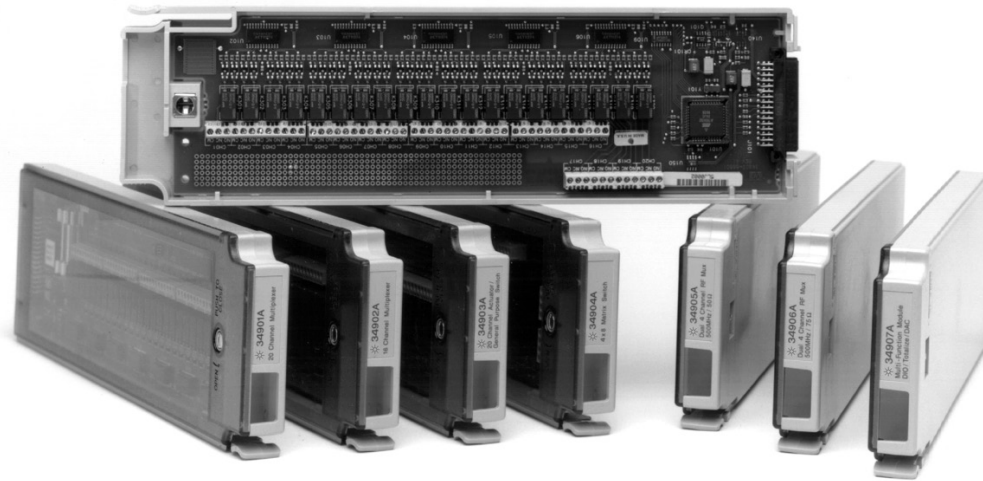
[1] Hasta 250 canales/s a la memoria interna. Consulte las velocidades de barrido para conocer las condiciones y velocidades de medida de cada instrumento.

Calidad Agilent

Sabemos que usted no puede permitirse tiempos de inactividad por fallos de hardware y mantenimiento no programado en el instrumento. Por eso, nuestros ingenieros diseñaron la 34970A/34972A con la fiabilidad en mente: una carcasa robusta, moderna construcción de montaje total en superficie, cantidad de piezas reducida y comprobación rigurosa y exhaustiva de todos los aspectos del producto.

Un mantenimiento de relés sin conjeturas

La 34970A/34972A utiliza nuestro sistema propio de mantenimiento de relés para ayudarle a predecir el fin del ciclo de vida de los relés y evitar costosos tiempos de inactividad en la línea de producción. Cuenta automáticamente cada cierre de conmutación individual y lo guarda en la memoria no volátil de cada módulo. Puede consultar el número total de ciclos en cada canal para poder programar el mantenimiento y evitar fallos erráticos por desgaste.



Guía de interpretación de especificaciones

En las siguientes páginas se enumeran las especificaciones técnicas de la unidad de adquisición de datos/conmutación 34970A/34972A de Agilent y sus módulos. Las explicaciones y ejemplos siguientes resultan útiles para saber interpretar estas especificaciones:

- La precisión de medida se especifica en forma de porcentaje de lectura más porcentaje de rango, donde la lectura será el valor de medida real y el rango será el nombre de la escala (1 V, 10 V, etc.), no el valor máximo en esa escala (1,2 V, 12 V, etc.).
- Las precisiones de medida del multímetro digital incluyen todos los errores de conmutación. Los errores de conmutación también se enumeran por separado en la sección de especificaciones de los módulos. Las precisiones de medida de temperatura incluyen errores de conversión ITS-90. Las precisiones de termopar incluyen también el error de unión de referencia.
- Las precisiones se enumeran en especificaciones a 24 horas, 90 días o un año. Esto se refiere al periodo de tiempo desde la última calibración del instrumento. Utilice la especificación que coincida con su ciclo de calibración. Las especificaciones de 24 horas resultan útiles para determinar el rendimiento relativo a corto plazo.

Ejemplo 1: precisión de DCV básica

Cálculo de la precisión de la siguiente medida:

9 V DC de entrada

10 V DC de rango

Especificaciones de precisión a un año

Temperatura de funcionamiento normal (18 a 28 °C)

En la página siguiente, la precisión a un año es: 0,0035 % de lectura + 0,0005 % de rango

Lo que se traduce en:

$(0,0035/100 \times 9 \text{ V}) +$

$(0,0005/100 \times 10 \text{ V}) = 365 \text{ } \mu\text{V}$

Para una precisión total de:

$365 \text{ } \mu\text{V} / 9 \text{ V} = 0,0041 \%$

Ejemplo 2: temperatura de funcionamiento extrema

Si la 34970A/34972A se utiliza fuera de su rango de temperatura de entre 18 y 28 °C, deben considerarse errores adicionales de variación de temperatura. Partiremos de las mismas condiciones del ejemplo 1, pero a una temperatura de funcionamiento de 35 °C.

Una vez más, la precisión básica es:

$0,0035 \%$ de lectura + $0,0005 \%$ de rango = $365 \text{ } \mu\text{V}$.

Ahora, multiplicamos el coeficiente de temperatura de 10 V

(en la página siguiente) por el número de grados fuera del rango operativo para añadir el error adicional:

$(0,0005 \%$ de lectura + $0,0001 \%$ de rango) / °C $\times (35 \text{ } ^\circ\text{C} - 28 \text{ } ^\circ\text{C}) =$

$(0,0005 \%$ de lectura + $0,0001 \%$ de rango) / °C $\times 7 \text{ } ^\circ\text{C} =$

$0,0035 \%$ de lectura + $0,0007 \%$ de rango = $385 \text{ } \mu\text{V}$

Así, el error total es:

$365 \text{ } \mu\text{V} + 385 \text{ } \mu\text{V} = 750 \text{ } \mu\text{V}$ o $0,008 \%$

Ejemplo 3: precisión de medida de termopar

Calcular el error de lectura de termopar total es fácil con la unidad 34970A/34972A: solo hay que añadir la precisión de medida de la lista a la precisión de su transductor. Los errores de conmutación, conversión y unión de referencia ya están incluidos en la especificación de medida.

Para este ejemplo, partiremos de la base de una lectura de entrada de termopar de tipo J de 150 °C.

En la página siguiente, el error total es:

Precisión de la sonda de termopar + 1,0 °C

El fabricante de la sonda especifica una precisión de 1,1 °C o 0,4 %, lo que sea mayor.

Así, el error total es:

$1,0 \text{ } ^\circ\text{C} + 1,1 \text{ } ^\circ\text{C} = \text{total de } 2,1 \text{ } ^\circ\text{C}$, o el $1,4 \%$

Ejemplo 4: precisión de ACV

La función de ACV mide el valor de RMS real de la forma de onda de entrada, independientemente de la forma de la onda. Las precisiones enumeradas presuponen una entrada de onda sinusoidal. Para ajustar las precisiones de ondas no sinusoidales, utilice el sumador de factor de cresta de la lista.

Para este ejemplo, asumiremos una entrada de ondas cuadradas de $\pm 1 \text{ V}$ con un ciclo de trabajo del 50 % y una frecuencia de 1 kHz.

La precisión para una senoide de 1 V y 1 kHz es:

$0,06 \%$ de lectura + $0,04 \%$ de rango

Una onda cuadrada de ciclo de trabajo del 50 % tiene un factor de cresta de

$\text{Valor pico} / \text{valor RMS} = 1 \text{ V} / 1 \text{ V} = 1$

Tomando como referencia la tabla de factores de cresta, añadimos:

$0,05 \%$ de lectura

La precisión total es:

$0,11 \%$ de lectura + $0,04 \%$ de rango = $1,5 \text{ mV}$ o $0,15 \%$

Especificaciones de precisión del 34970A/34972A ± (% de lectura + % de rango)^[1]

Incluye error de medida, error del conmutación y error de conversión del transductor

Rango ^[3]		Frecuencia, etc.	24 horas ^[2] 23 °C ±1 °C	90 días 23 °C ±5 °C	Un año 23 °C ±5 °C	Coefficiente de temperatura 0 °C–18 °C, 28 °C–55 °C
Tensión DC						
	100,000 mV		0,0030 + 0,0035	0,0040 + 0,0040	0,0050 + 0,0040	0,0005 + 0,0005
	1,000000 V		0,0020 + 0,0006	0,0030 + 0,0007	0,0040 + 0,0007	0,0005 + 0,0001
	10,00000 V		0,0015 + 0,0004	0,0020 + 0,0005	0,0035 + 0,0005	0,0005 + 0,0001
	100,0000 V		0,0020 + 0,0006	0,0035 + 0,0006	0,0045 + 0,0006	0,0005 + 0,0001
	300,000 V		0,0020 + 0,0020	0,0035 + 0,0030	0,0045 + 0,0030	0,0005 + 0,0003
RMS reales de tensión AC ^[4]						
Todos los rangos a partir de 100,0000 mV a 100,0000 V	3 Hz-5 Hz		1,00 + 0,03	1,00 + 0,04	1,00 + 0,04	0,100 + 0,004
	5 Hz-10 Hz		0,35 + 0,03	0,35 + 0,04	0,35 + 0,04	0,035 + 0,004
	10 Hz-20 kHz		0,04 + 0,03	0,05 + 0,04	0,06 + 0,04	0,005 + 0,004
	20 kHz-50 kHz		0,10 + 0,05	0,11 + 0,05	0,12 + 0,05	0,011 + 0,005
	50 kHz-100 kHz		0,55 + 0,08	0,60 + 0,08	0,60 + 0,08	0,060 + 0,008
	100 kHz–300 kHz ^[5]		4,00 + 0,50	4,00 + 0,50	4,00 + 0,50	0,20 + 0,02
300,0000 V	3 Hz-5 Hz		1,00 + 0,05	1,00 + 0,08	1,00 + 0,08	0,100 + 0,008
	5 Hz-10 Hz		0,35 + 0,05	0,35 + 0,08	0,35 + 0,08	0,035 + 0,008
	10 Hz-20 kHz		0,04 + 0,05	0,05 + 0,08	0,06 + 0,08	0,005 + 0,008
	20 kHz-50 kHz		0,10 + 0,10	0,11 + 0,12	0,12 + 0,12	0,011 + 0,012
	50 kHz-100 kHz		0,55 + 0,20	0,60 + 0,20	0,60 + 0,20	0,060 + 0,020
	100 kHz–300 kHz ^[5]		4,00 + 1,25	4,00 + 1,25	4,00 + 1,25	0,20 + 0,05
Resistencia ^[6]						
100,0000 Ω	Fuente de corriente de 1 mA		0,0030 + 0,0035	0,008 + 0,004	0,010 + 0,004	0,0006 + 0,0005
	1 mA		0,0020 + 0,0006	0,008 + 0,001	0,010 + 0,001	0,0006 + 0,0001
1,000000 kΩ	100 μA		0,0020 + 0,0005	0,008 + 0,001	0,010 + 0,001	0,0006 + 0,0001
10,00000 kΩ	10 μA		0,0020 + 0,0005	0,008 + 0,001	0,010 + 0,001	0,0006 + 0,0001
1,000000 MΩ	5,0 μA		0,002 + 0,001	0,008 + 0,001	0,010 + 0,001	0,0010 + 0,0002
10,00000 MΩ	500 nA		0,015 + 0,001	0,020 + 0,001	0,040 + 0,001	0,0030 + 0,0004
100,0000 MΩ	500 nA 10 MΩ		0,300 + 0,010	0,800 + 0,010	0,800 + 0,010	0,1500 + 0,0002
Frecuencia y periodo ^[7]						
100 mV a 300 V	3 Hz-5 Hz		0,10	0,10	0,10	0,005
	5 Hz-10 Hz		0,05	0,05	0,05	0,005
	10 Hz-40 Hz		0,03	0,03	0,03	0,001
	40 Hz-300 kHz		0,006	0,01	0,01	0,001
Corriente DC (solo 34901A)						
10,00000 mA	< 0,1 V de carga		0,005 + 0,010	0,030 + 0,020	0,050 + 0,020	0,002 + 0,0020
100,0000 mA	< 0,6 V		0,010 + 0,004	0,030 + 0,005	0,050 + 0,005	0,002 + 0,0005
1,000000 A	< 2 V		0,050 + 0,006	0,080 + 0,010	0,100 + 0,010	0,005 + 0,0010
RMS reales de corriente AC (solo 34901A)						
10,00000 mA y ^[4] 1,000000 A	3 Hz-5 Hz		1,00 + 0,04	1,00 + 0,04	1,00 + 0,04	0,100 + 0,006
	5 Hz-10 Hz		0,30 + 0,04	0,30 + 0,04	0,30 + 0,04	0,035 + 0,006
	10 Hz-5 kHz		0,10 + 0,04	0,10 + 0,04	0,10 + 0,04	0,015 + 0,006
100,0000 mA ^[8]	3 Hz-5 Hz		1,00 + 0,5	1,00 + 0,5	1,00 + 0,5	0,100 + 0,06
	5 Hz-10 Hz		0,30 + 0,5	0,30 + 0,5	0,30 + 0,5	0,035 + 0,06
	10 Hz-5 kHz		0,10 + 0,5	0,10 + 0,5	0,10 + 0,5	0,015 + 0,06
Temperatura						
Termopar ^[10]	Tipo	Precisión a un año ^[9]	Precisión a un año de rango ampliado ^[9]		Coefficiente de temperatura/°C	
	B	De 1 100 °C a 1 820 °C	1,2 °C	De 400 °C a 1 100 °C	1,8 °C	0,03 °C
	E	De -150 °C a 1 000 °C	1,0 °C	De -200 °C a -150 °C	1,5 °C	
	J	De -150 °C a 1 200 °C	1,0 °C	De -210 °C a -150 °C	1,2 °C	
	K	De -100 °C a 1 200 °C	1,0 °C	De -200 °C a -100 °C	1,5 °C	
	N	De -100 °C a 1 300 °C	1,0 °C	De -200 °C a -100 °C	1,5 °C	
	R	De 300 °C a 1 760 °C	1,2 °C	De -50 °C a 300 °C	1,8 °C	
	S	De 400 °C a 1 760 °C	1,2 °C	De -50 °C a 400 °C	1,8 °C	
	T	De -100 °C a 400 °C	1,0 °C	De -200 °C a -100 °C	1,5 °C	
RTD	R _p de 49 Ω a 2,1 kΩ	De -200 °C a 600 °C	0,06 °C			0,003 °C
Termistor	2,2 k, 5 k, 10 k	De -80 °C a 150 °C	0,08 °C			0,002 °C

[1] Especificaciones para una hora de calentamiento y 6½ dígitos, filtro de AC lento

[2] Con relación a los estándares de calibración

[3] 20 % por encima del rango en todos los rangos salvo 300 VDC y rangos AC, y 1 ADC y rangos de corriente AC

[4] Para una entrada de onda sinusoidal > 5 % del rango. Para entradas del 1 % a 5 % del rango y de < 50 kHz, añádase un 0,1 % de error adicional de rango

[5] Normalmente, 30 % de error de lectura a 1 MHz, limitado a 1 x 10⁵ V Hz

[6] Especificaciones para función de resistencia a 4 hilos o resistencia a 2 hilos usando escalado para eliminar el offset. Sin escalado, añádase un error adicional de 4 Ω en la función de resistencia a 2 hilos

[7] Entrada > 100 mV. Para entradas de 10 mV a 100 mV, multiplíquese el % de error de lectura x 10

[8] Especificado solo para entradas >10 mA

[9] Para la precisión de medida total, añádase el error de la sonda de temperatura

[10] Especificaciones de termopar no garantizadas si está presente el módulo 34970A

Características de medida ^[7]

Tensión DC

Método de medida	Integración continua Convertidor A/D Multi-slope III
Linealidad A/D	0,0002 % de lectura + 0,0001 % de rango
Resistencia de entrada	
Rangos de 100 mV, 1 V, 10 V	A elegir, 10 MΩ o > 10 000 MΩ
Rangos de 100 V, 300 V	10 MΩ ±1 %
Corriente de polarización de entrada	< 30 pA a 25 °C
Protección de entrada	300 V en todos los rangos

RMS reales de tensión AC

Método de medida	RMS reales con acoplamiento AC: mide el componente de AC de la entrada con un máximo de 300 VDC de polarización en cualquier rango	
Factor cresta	Máximo de 5:1 a escala completa	
Errores de factor cresta adicionales (onda no sinusoidal)	Factor cresta 1-2	0,05 % de lectura
	Factor cresta 2-3	0,15 % de lectura
	Factor cresta 3-4	0,30 % de lectura
	Factor cresta 4-5	0,40 % de lectura
	Impedancia de entrada	1 MΩ ±2 % en paralelo con 150 pF
Protección de entrada	300 Vrms en todos los rangos	

Resistencia

Método de medida	Resistencia a 2 o 4 hilos a elegir Fuente de corriente referenciada a la entrada LO
Compensación de offset	En rangos de 100 Ω, 1 kΩ, 10 kΩ a elegir
Resistencia máx. del cableado	10 % del rango por hilo para rangos de 100 Ω y 1 kΩ. 1 kΩ en el resto de rangos
Protección de entrada	300 V en todos los rangos

Frecuencia y periodo

Método de medida	Sistema de cálculo recíproco
Rangos de tensión	Igual que la función de tensión AC
Intervalo de puerta	1 s, 100 ms o 10 ms
Timeout de medida	Límite LF de 3 Hz, 20 Hz, 200 Hz a elegir

Corriente DC

Resistencia de shunt	5 Ω para 10 mA, 100 mA; 0,1 Ω para 1 A
Protección de entrada	Fusible de 1 A 250 V en el módulo 34901A

RMS reales de corriente AC

Método de medida	Acoplamiento directo al fusible y la resistencia de shunt. Medida de RMS reales con acoplamiento AC (mide solo los componentes AC)
Resistencia de shunt	5 Ω para 10 mA; 0,1 Ω para 100 mA, 1 A
Protección de entrada	Fusible de 1 A 250 V en el módulo 34901A

Termopar

Conversión	Compensación de software ITS-90
Tipo de unión de referencia	Interna, fija o externa
Comprobación de termopar abierto	Seleccionable por canal. Abierto > 5 kΩ

Termistor

	Series 44004, 44007, 44006
--	----------------------------

RTD

	α = 0,00385 (DIN) y α = 0,00391
--	---------------------------------

Rechazo del ruido de medida de 60 (50) Hz ^[1]

Rechazo en modo común (CMRR) de DC	140 dB
Rechazo en modo común (CMRR) de AC	70 dB
Tiempo de integración	Rechazo en modo normal ^[2]
200 plc/3,33 s (4 s)	110 dB ^[3]
100 plc/1,67 s (2 s)	105 dB ^[3]
20 plc/333 ms (400 ms)	100 dB ^[3]
10 plc/167 ms (200 ms)	95 dB ^[3]
2 plc/33,3 ms (40 ms)	90 dB
1 plc/16,7 ms (20 ms)	60 dB
< 1 plc	0 dB

Características de funcionamiento ^[4]

Velocidades de medida de un canal ^[5]

Función	Resolución ^[6]	34970A/34972A lecturas/s
DCV, resistencia	6½ dígitos (10 plc)	6 (5)
a 2 hilos	5½ dígitos (1 plc)	54 (47)
	4½ dígitos (0,02 plc)	500
Termopar	0,01 °C (10 plc)	6 (5)
	0,1 °C (1 plc)	52 (47)
	(0,02 plc)	280
RTD, termistor	0,01 °C (10 plc)	6 (5)
	0,1 °C (1 plc)	49 (47)
	1 °C (0,02 plc)	200
ACV	6½ lento (3 Hz)	0,14
	6½ medio (20 Hz)	1
	6½ rápido (200 Hz)	8
	6½ ^[6]	100
Frecuencia, periodo	6½ dígitos (1 s puerta)	1
	5½ dígitos (100 ms)	9
	4½ dígitos (10 ms)	70

[1] Para 1 kΩ no balanceado en el cable del LO

[2] Para frecuencia de línea de alimentación ±0,1 %

[3] Para frecuencia de línea de alimentación ±1 %, utilícese 80 dB o ±3 %, utilícese 60 dB

[4] Velocidades de lectura para funcionamiento a 60 Hz y (50 Hz)

[5] Para función fija y rango, lecturas en memoria, escala y alarmas desactivadas, AZERO desactivado, registro de datos USB desactivado

[6] Límite máximo con ajustes de retardos predeterminados de estabilización anulados

[7] Tensión de aislamiento (entre canales, canal-tierra) 300 VDC, RMS AC

[8] 6½ dígitos = 22 bits, 5½ dígitos = 18 bits, 4½ dígitos = 15 bits

Velocidades de lectura de un canal a interfaz I/O o memoria interna

	34970A		34972A
	a memoria lecturas/s	a GPIB o RS-232 lecturas/s	a LAN, USB o memoria lecturas/s
Lecturas ASCII de un canal	500	440	500
Un canal con escala cambiante (p. ej., MEAS dcV 10/MEAS dcV 1)	25	25	25
Un canal con función cambiante (p. ej., MEAS dcV/MEAS Ohms)	12	12	12

Velocidades de medida de barrido a interfaz I/O o memoria interna

	34970A		34972A
	a memoria canales/s	a GPIB o RS-232 canales/s	a LAN, USB o memoria canales/s
Barrido de canales DCV o resistencia			
34901A/34908A	60	60	60
34902A	250	210	240
34902A en y desde la memoria (con INIT, FETCh)	—	180	240
34902A con información temporal (con MEAS)	—	150	240
34902A con escala y alarmas	220	190	220
34902A DCV y resistencia en canales alternos	80	80	80
Barrido de canales ACV ⁽²⁾			
34901A/34908A	50	50	50
34902A	100	90	100
Temperatura de barrido: canales de TC o termistor			
34901A/34908A	50	50	50
34902A	160	150	150
Barrido de canales de totalizador/entrada digital			
34907A Entrada digital	275	250	275
34907A Totalizador	240	210	240

Salida de datos de memoria ⁽³⁾⁽⁴⁾

(FETCh de 50 000 lecturas)

	34970A		34972A	
Un canal ^{(1) [2]}	Sobre GPIB lecturas/s	Sobre RS-232 lecturas/s	Sobre USB lecturas/s	Sobre LAN o memoria lecturas/s
Lecturas	800	600	55 K	120 K
Lecturas con información temporal	450	320	35 K	60 K
Lecturas con todas las opciones de formato ACTIVADAS	310	230	25 K	50 K

[1] Velocidades para 4½ dígitos, retardo 0, display desactivado, registro de datos USB desactivado, puesta a cero automática desactivada, a menos que se indique lo contrario. Para obtener el mejor rendimiento de I/O, utilícese el comando MEAS. RS-232 a 115 Kbaudios.

[2] Máximo, con retardos predeterminados rechazados.

[3] Se asume un formato de tiempo relativo (tiempo desde el inicio del barrido).

[4] Velocidades típicas asumiendo un PC con poca carga y tráfico adicional limitado en las I/O. Velocidades de LAN asumiendo el uso de conexión enchufable; VXI11 será inferior.

[5] Para función fija y rango, lecturas en memoria, escala/alarmas/puesta a cero desactivadas.

Especificaciones del sistema

Entradas de barrido	
Análogicas	Canales de multiplexores 34901A, 34902A y 34908A
Digitales	34907A: Entradas digitales y totalización
Lista de barrido	Explora canales en orden ascendente
Disparo de barrido	
Fuente	Intervalo, externa, pulsación de botón, software o alarma de canal en monitor
Recuento de barrido	De 1 a 50 000 o continuo
Intervalo de barrido	De 0 a 99 horas; pasos de 1 ms
Retardo de canal	De 0 a 60 segundos por canal, pasos de 1 ms
Retardo de disparo externo	< 300 μ s. Con monitor activado < 200 ms
Jitter de disparo externo	< 2 ms
Alarmas	
Entradas analógicas	Hi, Lo, o Hi + Lo evaluadas en cada barrido
Entradas digitales	Adaptación a máscara patrón o cambio de estado en entradas digitales del 34907A
	Totalización en 34907A: límite alto sólo
Canal de monitorización	Alarma evaluada en cada lectura
Salidas de alarma	4 compatibles con TTL
	Lógica TTL Hi o Lo a elegir en caso de fallo
Latencia	5 ms (típica)
Memoria	
Batería	34970A, 4 años de duración típica ^[1] , 34972A Batería sustituible por el usuario
	Sustitución recomendada una vez al año durante CAL
Lecturas	50 000 lecturas internas con información temporal
	Legibles durante el barrido
Estados	Cinco estados de instrumento con etiqueta de usuario
Cola de alarmas	Hasta 20 eventos con número de canal, lectura e información temporal
Unidad USB Flash	Soporte para formatos FAT o FAT 32
Características del sistema	
Funciones matemáticas por canal	Escalado Mx + B individual y mín./máx./promedio calculados en tiempo real
Recuperación en caso de fallo de alimentación	Reanudación automática del barrido
Mantenimiento de relés	Recuento de cada cierre de relé y almacenamiento en módulo, reiniciable por el usuario
Reloj de tiempo real	Respaldo por batería, 4 años de duración típica ^[1]
Especificaciones generales	
Fuente de alimentación	100 V/120 V/220 V/240 V \pm 10 %
Frecuencia de línea de alimentación	45 Hz a 66 Hz con detección automática
Consumo de energía	12 W (25 VA pico)
Temperatura de funcionamiento	Precisión completa de 0 a 55 °C
	Precisión completa con 80 % de humedad relativa a 40 °C
Temperatura de almacenamiento	De -40 a 70 °C ^[1]
Peso	Neto: 3,6 kg
Seguridad	Conformidad con CSA, UL-1244, IEC 1010 Cat. I
RFI y ESD	CISPR 11, IEC 801/2/3/4

[1] El almacenamiento a temperaturas superiores a 40 °C reducirá la duración de la batería

[2] Software suministrado en CD-ROM

[3] La interfaz y el driver se deben adquirir e instalar por separado

[4] Requiere la biblioteca de comandos VISA para IEEE-488

Software

Agilent 34825A BenchLink Data Logger 3

(incluido con el multímetro digital opcional)

Requisitos del sistema ^[2]

Sistema operativo	Windows Vista®, XP SP2, 2000 SP4 (sin soporte para ediciones Home), Adobe® Acrobat® Reader V5.0 o superior (para ver la documentación)
	Microsoft Internet Explorer V6.0 o superior (necesario si se utiliza Windows NT)
Controlador	Pentium® 4 a 800 MHz o superior recomendado, mín. Pentium III a 500 MHz
RAM	256 MB o superior recomendada, mín. 128 MB
Espacio en disco	200 MB recomendados, mín. 100 MB
Pantalla	Resolución de 1 024 x 768 recomendada, 256 colores

Interfaces de ordenador ^[3]

34970A	
GPIB	Agilent y National Instruments PCI-GPIB
RS-232 (puerto serie)	PC COM 1-4
34972A	
LAN	10/100/1000 BaseT
USB	USB 2.0

Características del Agilent BenchLink

Configuración	Página de configuración de canal similar a una hoja de cálculo
	Carga y descarga de configuraciones de instrumento
	Canales calculados con \pm %, dB, dBm, dBV, \sqrt{x} , o $\frac{1}{x}$ y completo, galga extensiométrica de $\frac{1}{2}$, o $\frac{1}{4}$ de puente
Pantallas gráficas	Visualización de datos en tiempo real e históricos
	Agregar, eliminar, tamaño y configuración en tiempo real
	Gráfico de banda continua con marcadores e indicación de alarma, gráficos de barras y dispersión, histogramas con estadísticas, medidor de barras y tabla de datos
Controles gráficos	Controles deslizantes, conmutadores, botones y luces LED
Comprobación de límite/alarma	Inicio/parada de barrido según la condición de alarma
	Control del estado de relé del 34903A o salida digital del 34907A cuando se da la alarma
Datos	Transmitidos (almacenados) en tiempo real a disco
	Exportación automática de datos y configuraciones
	Copia de datos o gráficos en el portapapeles de Windows
	Exportación de los datos seleccionados en formatos .CSV, .XML o .TXT
Registro de eventos	Entrada automática de alarmas y errores

Soporte de drivers de instrumentos para lenguajes de programación

Drivers IVI-C o IVI-COM	Compatible con Windows 7, Vista SP1, XP SP2 (32 bits) IO Libraries 14.1 o superiores
	Compatible con Agilent VEE, Visual Basic, C/C#, Visual Studio, National Instruments LabWindows CVI y LabVIEW
Driver para LabVIEW (VI) driver	LabVIEW 7.0 o superior
	800 MHz o superior recomendado, mínimo 600 MHz.

Especificaciones de los módulos

Las especificaciones de precisión de la unidad 34970A/34972A de Agilent ya incluyen los errores de unión de referencia y offset de conmutación que aparecen más abajo. Estos errores se enumeran por separado para determinar el error del sistema con dispositivos de medida externos.

Es posible insertar un máximo de 3 módulos, en cualquier combinación, en un único mainframe. Las conexiones del

multímetro digital interno de la unidad 34970A/34972A solo están accesibles a través de los multiplexores de baja frecuencia 34901A, 34902A y 34908A.

Los terminales atornillados del módulo aceptan tamaños de cable de calibre 16 a 22. Se recomienda el cable de calibre 20 para aplicaciones con un alto número de canales. Los multiplexores de RF 34905A y 34906A utilizan conectores SMB. Con cada módulo de RF se suministra un juego estándar de (10) cables adaptadores de BNC a SMB para facilitar las conexiones BNC.

		Multiplexor			Actuador	Matriz	Multiplexor de RF		Multifunción
		34901A	34902A ^[1]	34908A	34903A	34904A	34905A	34906A	34907A
General									
Número de canales		20 + 2 2/4 hilos	16 2/4 hilos	40 1 hilo	20 SPDT	4 x 8 2 hilos	Dual 1 x 4 50 Ω 75 Ω		Para conocer las especificaciones del módulo, consulte la página 25
Se conecta al multímetro digital interno		●	●	●					
Velocidad de barrido		60 canales/s	250 canales/s ^[1]	60 canales/s					
Velocidad de apertura/cierre		120/s	120/s	70/s	120/s	120/s	60/s		
Entrada									
Tensión (DC, RMS AC) ^[2]		300 V	300 V	300 V	300 V	300 V	42 V		
Corriente (DC, RMS AC)		1 A	50 mA	1 A	1 A	1 A	0,7 A		
Potencia (W, VA)		50 W	2 W	50 W	50 W	50 W	20 W		
Características de DC									
Tensión de offset ^[3]		< 3 uV	< 6 uV	< 3 uV	< 3 uV	< 3 uV	< 6 uV		
Canal R inicialmente cerrado ^[3]		< 1 Ω	< 1 Ω	< 1 Ω	< 0,2 Ω	< 1 Ω	< 0,5 Ω		
Aislamiento entre canales, canal-tierra		> 10 GΩ	> 10 GΩ	> 10 GΩ	> 10 GΩ	> 10 GΩ	> 1 GΩ		
Características de AC									
Ancho de banda ^[4]		10 MHz	10 MHz	10 MHz	10 MHz	10 MHz	2 GHz ^[5]	2 GHz ^[5]	
Pérdidas de inserción (dB)	10 MHz	—	—	—	—	—	-0,1	-0,1	
	100 MHz	—	—	—	—	—	-0,4	-0,4	
	500 MHz	—	—	—	—	—	-0,6	-0,5	
	1 GHz	—	—	—	—	—	-1	-1	
	1,5 GHz	—	—	—	—	—	-1,2	-1,5	
	2 GHz	—	—	—	—	—	-3	-2	
ROE	0-9,99 MHz	—	—	—	—	—	1,02	1,02	
	10-99,99 MHz	—	—	—	—	—	1,05	1,05	
	100-499,99 MHz	—	—	—	—	—	1,20	1,25	
	500-999,99 MHz	—	—	—	—	—	1,20	1,40	
	1-1,499 GHz	—	—	—	—	—	1,30	1,40	
	1,5-2 GHz	—	—	—	—	—	1,40	2,00	
Crosstalk entre canales (dB) ^[4]	10 MHz	-45	-45	-18 ^[6]	-45	-33	-100	-85	
	100 MHz	—	—	—	—	—	-85	-75	
	500 MHz	—	—	—	—	—	-65	-65	
	1 GHz	—	—	—	—	—	-55	-50	
	1,5 GHz	—	—	—	—	—	-45	-40	
	2 GHz	—	—	—	—	—	-35	-35	
Tiempo de subida								< 300 ps	
Retardo de señal								< 3 ns	
Capacitancia	HI - LO	< 50 pF	< 50 pF	< 50 pF	< 10 pF	< 50 pF	< 20 pF		
	LO - Tierra	< 80 pF	< 80 pF	< 80 pF	< 80 pF	< 80 pF	—		
Límite voltio-hertzio		10 ⁸	10 ⁸	10 ⁸	10 ⁸	10 ⁸	10 ¹⁰		
Otros									
Precisión de unión fría de termopar ^[3]		(típica)	0,8 °C	0,8 °C	0,8 °C ^[8]				
Duración de conmutador	Sin carga (típica)	100 M	100 M	100 M	100 M	100 M	5 M	5 M	
	Carga nominal (típica) ^[7]	100 k	100 k	100 k	100 k	100 k	100 k	100 k	
Temperatura	De funcionamiento	Todas las tarjetas — De 0 a 55 °C							
	De almacenamiento	Todas las tarjetas — De -20 a 70 °C							
Humedad	(sin condensación)	Todas las tarjetas — 40 °C al 80 % de humedad relativa							

[1] No recomendado para la conexión a una línea AC sin supresión de transitorios externa. Hasta 250 canales/s a la memoria interna. Consulte las velocidades de barrido para conocer las condiciones y velocidades de medida de cada instrumento.
[2] Entre canales o canal a tierra

[3] Errores incluidos en las especificaciones de precisión de medida del multímetro digital
[4] Fuente de 50 Ω, carga de 50 Ω
[5] Especificación de ancho de banda directo a conectores SMB en tarjeta de multiplexor de RF
[6] El aislamiento en los canales 1 a 20 o bancos 21 a 40 es de -40 dB
[7] Se aplica únicamente a cargas resistivas
[8] Medidas de termopar no recomendadas con el módulo 34908A debido a la configuración Común bajo

Guía de selección de multiplexores

Elija entre la amplia funcionalidad del 34901A, la alta velocidad de barrido del 34902A o la densidad tipo single-ended del 34908A. Estos 3 módulos son la única forma de conexión al multímetro digital interno de la unidad 34970A/34972A. También pueden utilizarse para barridos con instrumentos externos.

Todos los módulos de multiplexor abren los relés antes de comenzar un barrido, para así garantizar que solo haya un canal (o par de canales) cerrado cada vez. Los módulos 34901A y 34902A admiten múltiples cierres de canal si no están configurados para el barrido.

El 34908A no admite múltiples cierres de canal en ningún momento.

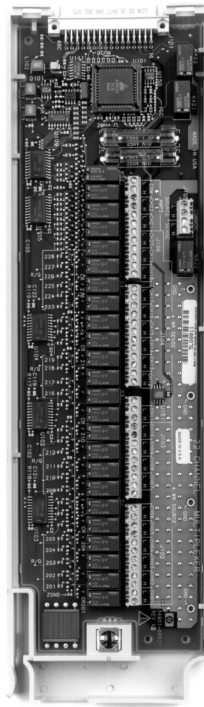
34901A

Multiplexor para uso general de 20 canales

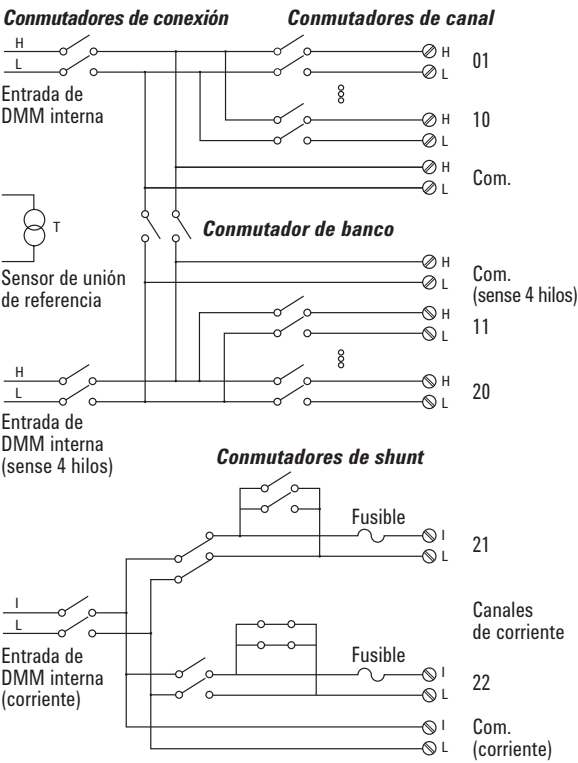
- Barrido de 60 canales/s
- Barrido a 2 y 4 hilos
- Unión de referencia de termopar incorporada
- Conmutación de 300 V

El multiplexor 34901A de Agilent es el aparato más versátil para barridos generales. Combina una densa conmutación multifunción con velocidades de barrido de 60 canales/segundo para responder a una amplia gama de aplicaciones de adquisición de datos.

En el mismo módulo pueden mezclarse canales a 2 y 4 hilos. Dos entradas con fusible adicionales (22 canales en total) enrutan hasta 1 A de corriente hacia el multímetro digital interno, permitiendo corrientes AC y DC sin tener que usar resistencias shunt externas.



	34901A	34902A	34908A
Número de canales	20 + 2	16	40
Velocidad de barrido máx.	60 canales/s	250 canales/s	60 canales/s
Número de contactos	2 o 4	2 o 4	1
Temperatura			
Termopar	•	•	•
RTD a 2 hilos	•	•	•
RTD a 4 hilos	•	•	
Termistor	•	•	•
Tensión DC	•	•	•
Tensión AC	•	•	•
Resistencia a 2 hilos	•	•	•
Resistencia a 4 hilos	•	•	
Frecuencia	•	•	•
Periodo	•	•	•
Corriente DC	•		
Corriente AC	•		



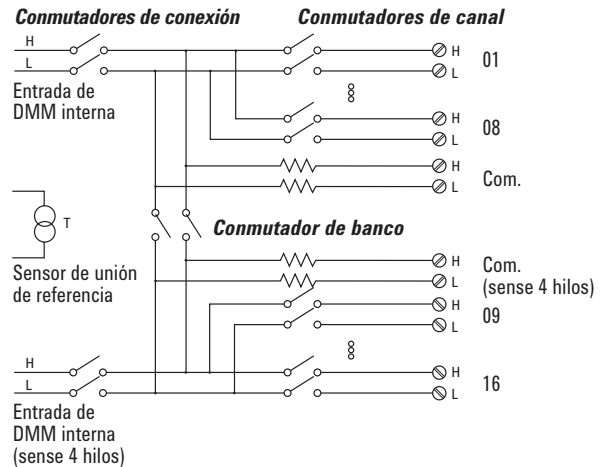
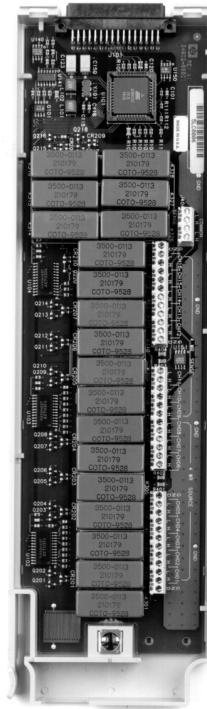
34902A

Multiplexor de alta velocidad de 16 canales

- Barrido de hasta 250 canales/s
- Barrido a 2 y 4 hilos
- Unión de referencia de termopar incorporada

El 34902A de Agilent utiliza relés de láminas para conseguir velocidades de barrido de hasta 250 canales por segundo. Utilice este módulo para aplicaciones de prueba automatizadas de alto rendimiento, así como para registro de datos de alta velocidad y tareas de monitorización.

16 entradas a 2 hilos se conmutan hasta 300 V. Los canales a 2 y 4 hilos se pueden mezclar en el mismo módulo. Para medir corrientes se necesitan resistencias shunt suministradas por el usuario.



Nota: No recomendado para la conexión a una línea AC sin supresión de transitorios externa.

34908A

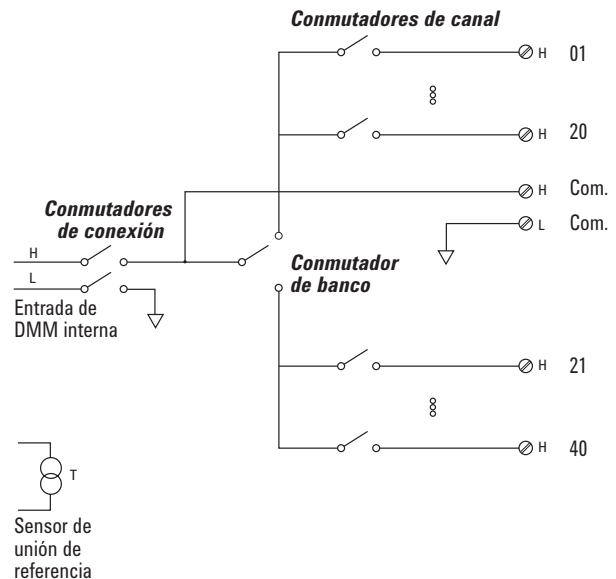
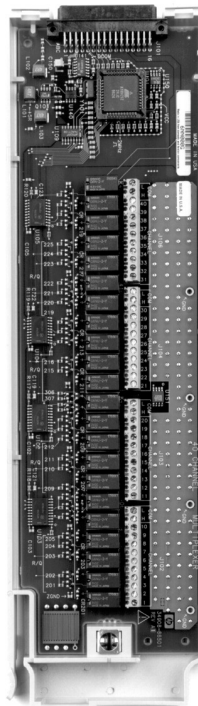
Multiplexor single-ended de 40 canales

Barrido de 60 canales/s

- Conmutación de un solo hilo para aplicaciones de común bajo
- Unión de referencia de termopar incorporada

Utilice el 34908A de Agilent para obtener la mayor densidad en aplicaciones de común bajo, como pruebas de batería, caracterización de componentes y pruebas para banco de trabajo.

Cada módulo conmuta 40 entradas de un hilo. Se admiten todas las medidas internas a 2 hilos, excepto la de corriente. La conexión baja del módulo está aislada de tierra y puede flotar hasta 300 V.



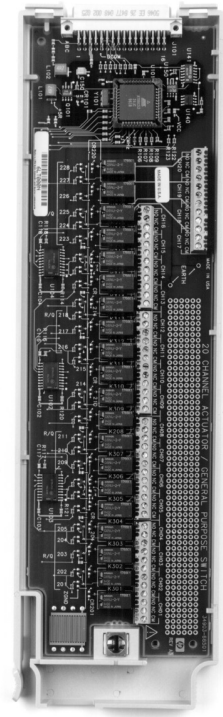
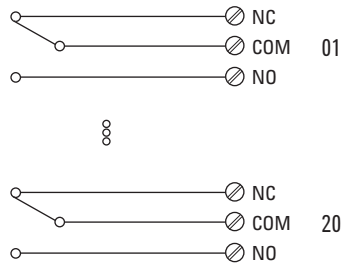
Nota: Los termopares deben estar aislados eléctricamente entre sí para evitar bucles de corriente y los correspondientes errores de medida.

34903A

Actuador/conmutador para uso general de 20 canales

- Relés de enganche SPDT (forma C)
- 300 V, actuación y control de 1 A

Este módulo de conmutación para uso general tiene 20 relés independientes monopolares y de doble puerto (SPDT). Utilícelo para realizar ciclos de alimentación en los dispositivos sometidos a prueba (DUT), indicadores de control y luces de estado, y para actuar relés de potencia externos y solenoides. Combínelo con módulos matriciales y multiplexores para construir sistemas de conmutación personalizados. Sus contactos de 300 V y 1 A pueden gestionar hasta 50 W, lo suficiente para muchas aplicaciones de conmutación de líneas de alimentación.



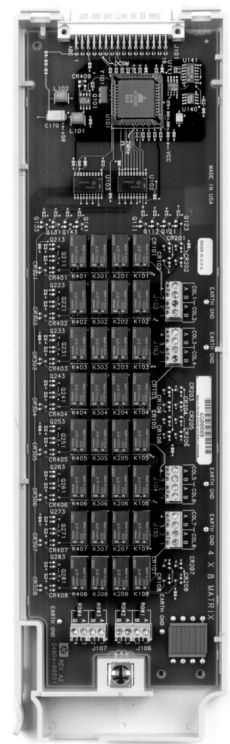
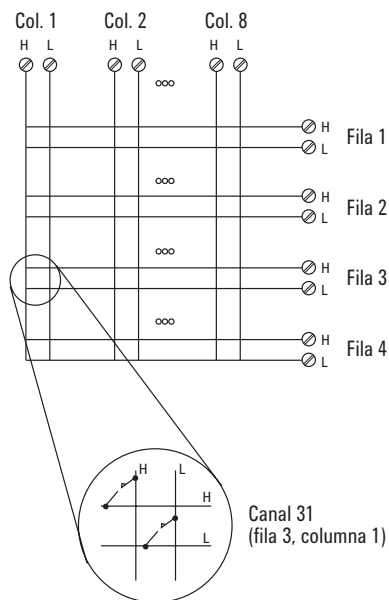
34904A

Conmutador matricial 4x8 a 2 hilos

- 32 puntos de cruce a 2 hilos
- Conmutación de 300 V y 1 A

El módulo 34904A de Agilent ofrece la ruta de conexión más flexible entre el DUT y el equipo de pruebas, permitiendo conectar distintos instrumentos en múltiples puntos del DUT al mismo tiempo.

Es posible conectar filas o columnas entre distintos módulos para formar matrices de 8x8, 4x16 o aún mayores, con un máximo de 96 puntos de cruce en una única trama.



34905A 50 Ω

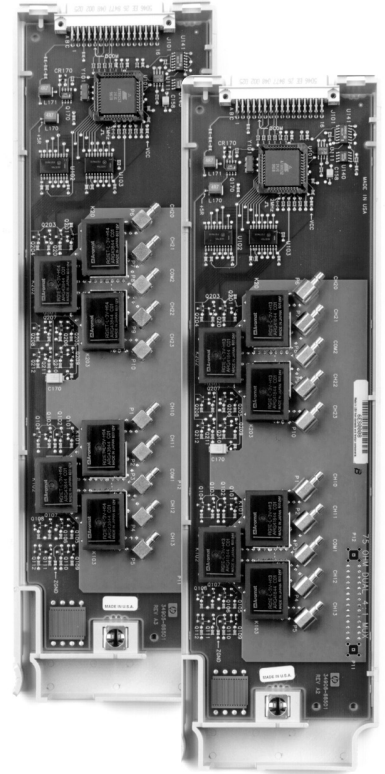
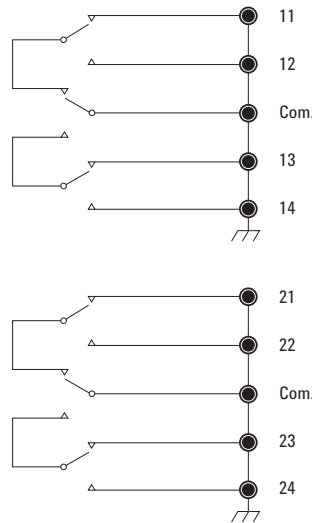
34906A 75 Ω

Multiplexores de RF de 4 canales dobles

- Ancho de banda de 2 GHz
- Cables adaptadores de BNC a SMB incluidos

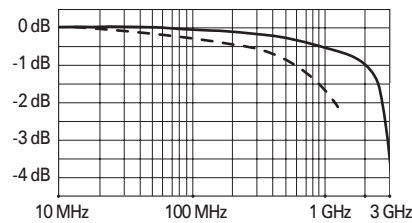
Los multiplexores de RF 34905A y 34906A de Agilent ofrecen capacidades de conmutación de banda ancha para señales pulsadas y de alta frecuencia. Utilícelos para enrutar señales de prueba entre el DUT y el generador de señales, osciloscopio, analizador de espectro u otro instrumento.

Los multiplexores de RF se organizan en forma de 2 multiplexores 1x4 independientes, cada uno con una protección común y un conductor central conmutado. Las conexiones se pueden realizar directamente a las entradas SMB con ancho de banda útil de 2 GHz o a los adaptadores de BNC a SMB suministrados con un ancho de banda de 1 GHz. Para aplicaciones que necesiten topologías aún mayores, es posible agrupar múltiples bancos en cascada, creando un multiplexor 16:1 en una sola unidad.

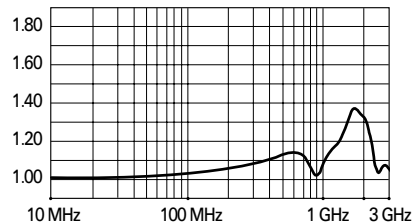


Gráficos de rendimiento AC típicos de un multiplexor de 50 Ω

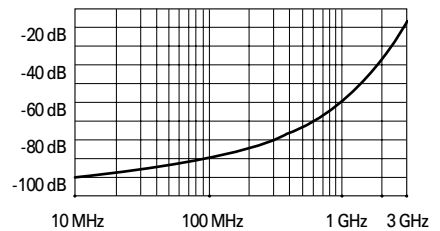
Pérdidas de inserción



ROE

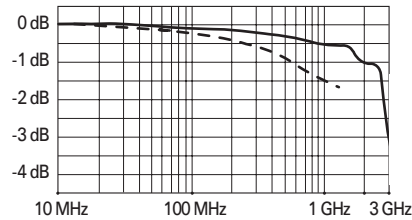


Crosstalk

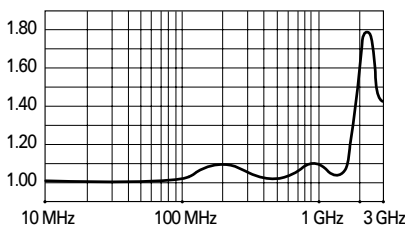


Gráficos de rendimiento AC típicos de un multiplexor de 75 Ω

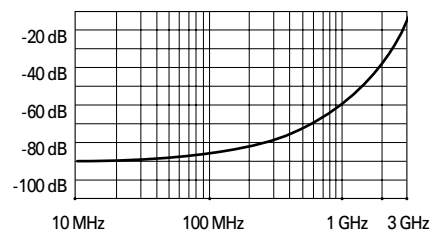
Pérdidas de inserción



ROE



Crosstalk



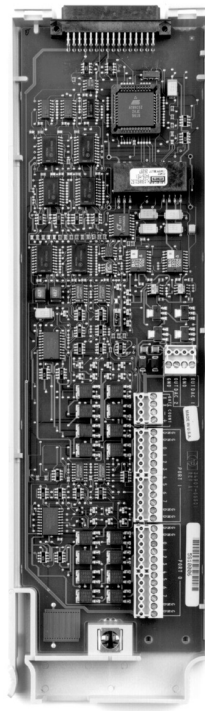
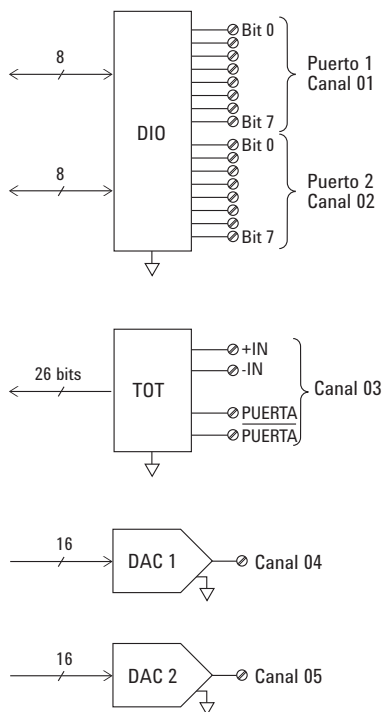
- Directamente a la tarjeta
- - - Usando los cables adaptadores suministrados

34907A

Módulo multifunción

- 16 bits de entrada y salida digital
- Entrada de totalizador de 100 kHz
- Dos salidas analógicas de ± 12 V

El módulo 34907A de Agilent admite una gran flexibilidad para diversas aplicaciones de detección y control. Combina 2 puertos de 8 bits de entrada y salida digitales, un totalizador controlado de 100 kHz y 2 salidas analógicas de ± 12 V, todo ello en un único módulo con referencia a tierra. Las entradas digitales y la entrada de totalizador pueden incluirse en un barrido. Los límites de alarma de las entradas digitales y del contador de eventos se evalúan de forma continua, capturando y registrando las condiciones de alarma incluso entre barridos.



Entrada/salida digital

Utilice las salidas digitales con una fuente de alimentación externa para controlar atenuadores y conmutadores de microondas, solenoides, relés de potencia, indicadores y mucho más. Utilice las entradas digitales para detectar la conmutación de límite y el estado de bus digital. No hay complejos modos de handshake; las lecturas y escrituras se inician desde el panel frontal o el bus.

Puerto 1, 2	8 bits, entrada o salida, sin aislamiento
Vin(L)	< 0,8 V (TTL)
Vin(H)	> 2,0 V (TTL)
Vout(L)	< 0,8 V @ Iout = -400 mA
Vout(H)	> 2,4 V @ Iout = 1 mA
Vin(H) máx	< 42 V con polarización de drenaje abierto externa
Alarma	Adaptación a máscara patrón o cambio de estado
Velocidad	4 ms (máx.) de muestreo de alarma
Latencia	5 ms (típica) para salida de alarma de 34907A
Velocidad de lectura/escritura	95/s

Entrada de totalización

Recuento de eventos desde dispositivos como fotointerruptores, conmutadores de límite y sensores de efecto Hall.

Mantiene un total actualizado que se puede leer a través del panel frontal o de forma programática en cualquier momento. Con 26 bits de resolución, puede contar eventos a toda velocidad durante casi 11 minutos sin desbordamiento.

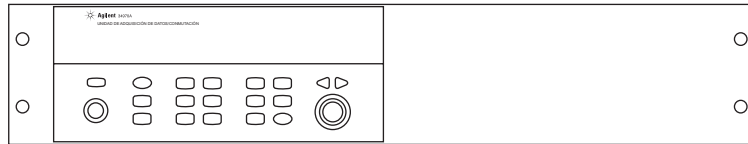
Recuento máx.	$2^{26} - 1$
Entrada de totalización	Flanco creciente o de bajada de 100 kHz (máx.), programable
Nivel de señal	1 Vp-p (mín.) 42 Vpk (máx.)
Umbral	0 V o TTL, jumper a elegir
Entrada de puerta	TTL-Hi, TTL-Lo, o ninguna
Reinicio de recuento	Manual o lectura + reinicio
Velocidad de lectura	85/s

Salida analógica

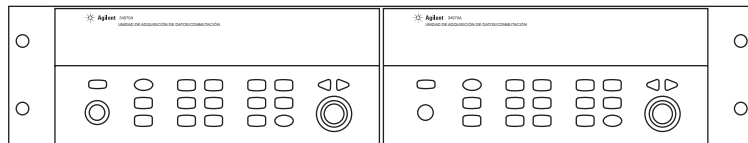
Utilice las 2 salidas analógicas calibradas electrónicamente como fuente de tensiones de polarización en el DUT, para controlar las fuentes de alimentación analógicas programables o utilice las salidas como puntos de referencia para los sistemas de control. Las salidas se programan directamente en voltios, ya sea desde el panel frontal o desde el bus.

DAC 1, 2	± 12 V, sin aislamiento
Resolución	1 mV
IOUT	10 mA máx.
Tiempo de estabilización	1 ms para 0,01 % de salida
Precisión	\pm (% de salida + mV)
1 año ± 5 °C	0,25 % + 20 mV
Coefficiente de temperatura	\pm (0,015 % + 1 mV)/°C

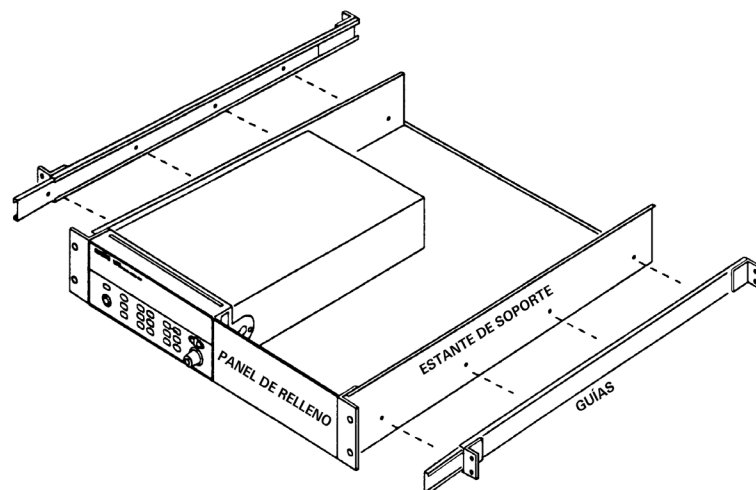
Montaje en rack y dimensiones



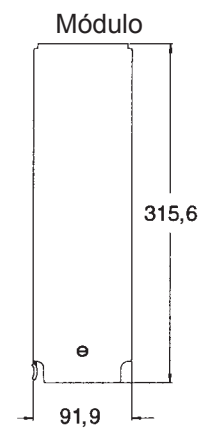
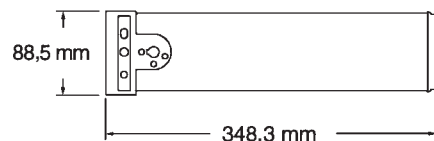
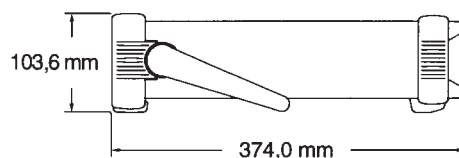
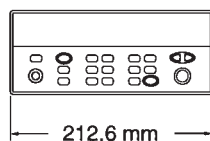
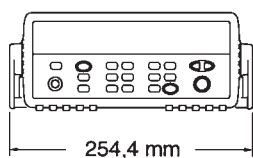
Para montaje en rack de un solo instrumento, solicite el kit de adaptador 5063-9240 (opción 1CM).



Para montar en rack 2 instrumentos juntos, solicite el kit de fijación 5061-9694 y el kit de bridas 5063-9212.



Para instalar 1 o 2 instrumentos en una balda deslizante, solicite la balda 5063-9255 y el kit deslizante 1494-0015 (para un instrumento independiente, solicite también el panel de relleno 5002-3999).



Información para pedidos

Mainframe

34970A Unidad de adquisición de datos/conmutación con RS-232 y GPIB

34972A Unidad de adquisición de datos/conmutación con LAN y USB

Los 2 mainframes incluyen multímetro digital interno de 6½ dígitos, manual de funcionamiento y de servicio (en CD-ROM), informe de pruebas, cable de alimentación eléctrica y paquete de inicio rápido (incluye el software Agilent BenchLink Data Logger 3, termopar y destornillador). Los módulos son necesarios para el funcionamiento y se adquieren por separado.

Opción 001 Sin multímetro digital interno
Igual que el anterior, pero sin multímetro digital ni paquete de inicio rápido. Solicite la ref. 34970-80010 para ampliar con un multímetro digital más adelante.

Opción 1CM Kit para montaje en rack
Opción A6J Calibración compatible con ANSI Z540
Opción 0B0 Sin juego de manuales
Opción AB0 Taiwán: manual en chino
Opción AB1 Corea: manual en coreano
Opción AB2 China: manual en chino
Opción ABA Inglés: manual en inglés
Opción ABD Alemania: manual en alemán
Opción ABE España: manual en español
Opción ABF Francia: manual en francés
Opción ABJ Japón: manual en japonés
Opción ABZ Italia: manual en italiano

Módulos

34901A Multiplexor de armadura de 20 canales
34902A Multiplexor de lengüeta 16 canales
34903A Actuador/conmutador para uso general de 20 canales
34904A Conmutador matricial 4x8 de 2 hilos
34905A Multiplexor de RF de 4 canales doble, 50 Ω
34906A Multiplexor de RF de 4 canales doble, 75 Ω
34907A Módulo multifunción
34908A Multiplexor single-ended de 40 canales

Accesorios

34830A Paquete de software BenchLink Data Logger Pro opcional que añade funciones de comprobación de límites y toma de decisiones para aplicaciones más complejas.
34307A Termopares de tipo J en paquetes de 10 unidades
34308A Termistores de 10 k Ω en paquetes de 5 unidades
34161A Bolsa para accesorios
34131A Estuche de transporte rígido
E5810A Gateway LAN/GPIB para uso con 34970A
82357B Convertidor USB/GPIB para uso con 34970A
34970-80010 Kit de instalación de multímetro digital.
Totalmente calibrado con informe de pruebas y kit de inicio rápido
34905-60001 Kit de 10 cables adaptadores de SMB a BNC, 50 Ω
34906-60001 Kit de 10 cables adaptadores de SMB a BNC, 75 Ω

Adaptadores USB: si necesita llevar el puerto de memoria USB hasta el panel frontal, considere el uso de un adaptador USB, como el modelo **USBAM-USBAM de VPI** o el modelo **ECF504-UABS de L-COM**.

Documentación relacionada

	Número de publicación
<i>Agilent 34830A BenchLink Data Logger Pro Software for 34970A</i>	5989-7622EN
<i>Practical Temperature Measurements, nota de aplicación</i>	5965-7822EN
<i>Agilent 34980A Multifunction Switch/Measure, hoja de datos</i>	5989-1437EN
<i>Making High Accuracy Temperature Measurements with the 34970A</i>	5988-8152EN

Para localizar más notas de aplicación y demostraciones de productos, consulte las siguientes páginas web:

www.agilent.com/find/34972A

www.agilent.com/find/34970A

Despeje todas sus dudas

Nuestros servicios de reparación y calibración le devolverán su equipo funcionando como si fuera nuevo, en los plazos acordados. Podrá sacar el máximo partido de sus equipos Agilent a lo largo de toda su vida útil. Sus equipos serán reparados por técnicos formados por Agilent que utilizan los procedimientos de calibración de fábrica más avanzados, diagnósticos automáticos de reparación y piezas originales. Podrá depositar toda su confianza en las medidas que obtenga en cualquier momento.

Agilent ofrece una amplia gama de servicios adicionales especializados de medida y prueba para sus equipos, como asistencia inicial durante la puesta en marcha, educación y formación in situ, diseño, integración de sistemas y administración de proyectos.

Si desea más información sobre los servicios de reparación y calibración, visite:

www.agilent.com/find/removealldoubt



Agilent Email Updates

www.agilent.com/find/emailupdates

Reciba la información más reciente sobre los productos y aplicaciones que seleccione.



www.lxistandard.org

LXI es el sucesor basado en LAN de GPIB y proporciona una conectividad más rápida y eficiente. Agilent es miembro fundador del consorcio LXI.

Distribuidores de Agilent

www.agilent.com/find/channelpartners

Consiga lo mejor de ambos mundos: la experiencia y variedad de productos de medida de Agilent junto con la comodidad que le brindan sus distribuidores.

Windows, MS Windows, Windows Vista y Windows NT son marcas comerciales de Microsoft Corporation registradas en EE. UU. Microsoft es una marca comercial de Microsoft Corporation registrada en EE. UU.

Adobe, el logotipo de Adobe, Acrobat y el logotipo de Acrobat son marcas comerciales de Adobe Systems Incorporated.

Pentium es una marca comercial de Intel Corporation en los EE. UU. y otros países.

LabView es una marca comercial registrada de National Instruments.

www.agilent.com

www.agilent.com/find/34970A

www.agilent.com/find/34972A

Para obtener más información sobre los productos, aplicaciones o servicios de Agilent Technologies, póngase en contacto con su oficina local de Agilent. La lista completa se puede encontrar en:

www.agilent.com/find/contactus

América

América Latina	305 269 7500
Canadá	(877) 894-4414
Estados Unidos	(800) 829-4444

Asia Pacífico

Australia	1 800 629 485
China	800 810 0189
Corea	080 769 0800
Hong Kong	800 938 693
India	1 800 112 929
Japón	0120 (421) 345
Malasia	1 800 888 848
Singapur	1 800 375 8100
Tailandia	1 800 226 008
Taiwán	0800 047 866

Europa y Oriente Próximo

Alemania	49 (0) 7031 464 6333
Austria	43 (0) 1 360 277 1571
Bélgica	32 (0) 2 404 93 40
Dinamarca	45 70 13 15 15
España	34 (91) 631 3300
Finlandia	358 (0) 10 855 2100
Francia	0825 010 700*
*0,125 €, tarifas de red fija	
Irlanda	1890 924 204
Israel	972-3-9288-504/544
Italia	39 02 92 60 8484
Países Bajos	31 (0) 20 547 2111
Reino Unido	44 (0) 118 9276201
Suecia	0200-88 22 55
Suiza	0800 80 53 53

Otros países europeos:

www.agilent.com/find/contactus

Revisión: 1 de octubre de 2009

Especificaciones y descripciones de productos que aparecen en este documento sujetas a cambios sin previo aviso.

© Agilent Technologies, Inc.

1998, 2000, 2004, 2005, 2010

Impreso en Estados Unidos, March 8, 2010

5965-5290ESE



Agilent Technologies



**DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN
BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES
FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED**

Inversor
- Sunny Boy 1600TL -

SUNNY BOY 1300TL / 1600TL / 2100TL

SB 1300TL-10 / SB 1600TL-10 / SB 2100TL



Eficiente

- Rendimiento del 96%
- Sin transformador

Seguro

- Interruptor-seccionador de potencia de CC integrado ESS (opcional)

Fiable

- Tecnología probada
- No requiere mantenimiento gracias a la refrigeración por convección

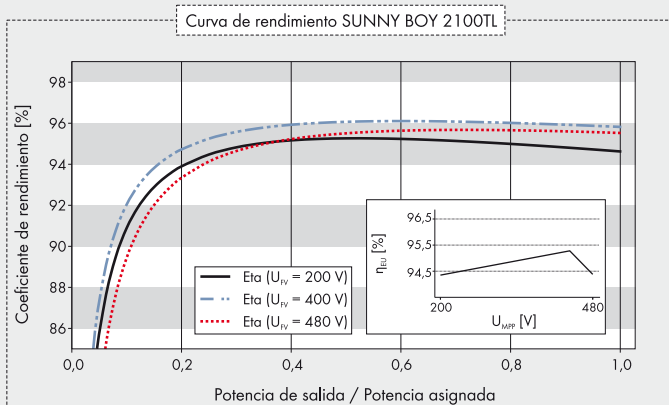
Sencillo

- Sistema de conexión de CC SUNCLIX

SUNNY BOY 1300TL / 1600TL / 2100TL

El benjamín de la gama alta

Gracias a que combina amplios rangos de tensión y de corriente de entrada, este Sunny Boy sin transformador permite conectar casi todos los módulos fotovoltaicos cristalinos que hay actualmente en el mercado. Como pionero ampliamente probado de los inversores sin transformador, ofrece un gran rendimiento de alta gama. Su bajo peso y su robusta carcasa permiten montarlo fácilmente tanto en interiores como a la intemperie. Con sus tres clases de potencia, es el inversor idóneo para instalaciones fotovoltaicas de tamaño reducido.



Accesorios



Interfaz RS485 485PB-NR



Interfaz Bluetooth®
BTPBINV-NR



Interfaz
Speedwire/Webconnect
SWPB-10

¹ Válido a partir de la versión de firmware 4.50

² No válido para todos los apéndices nacionales de la norma EN 50438

● De serie ○ Opcional – No disponible

Actualizado: mayo 2013

Datos en condiciones nominales

Datos técnicos	Sunny Boy 1300TL	Sunny Boy 1600TL	Sunny Boy 2100TL
Entrada (CC)			
Potencia de CC máx. (cos φ=1)	1 400 W	1 700 W	2 200 W
Tensión de entrada máx.	600 V	600 V	600 V
Rango de tensión del punto de máxima potencia (MPP)	115 V ¹ – 480 V	155 V – 480 V	200 V – 480 V
Tensión asignada de entrada	400 V	400 V	400 V
Tensión de entrada mín. / tensión de entrada de inicio	100 V ¹ / 120 V ¹	125 V / 150 V	125 V / 150 V
Corriente máx. de entrada / corriente máx. de entrada por string	12 A ¹ / 12 A ¹	12 A ¹ / 12 A ¹	12 A ¹ / 12 A ¹
Número de entradas de punto de máxima potencia (MPP) independientes / strings por entrada de punto de máxima potencia (MPP)	1 / 1	1 / 1	1 / 2
Salida (CA)			
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	1 300 W	1 600 W	1 950 W
Potencia máx. aparente de CA	1 300 VA	1 600 VA	2 100 VA
Tensión nominal de CA	220 V / 230 V / 240 V	220 V / 230 V / 240 V	220 V / 230 V / 240 V
Rango de tensión nominal de CA	180 V – 260 V	180 V – 260 V	180 V – 260 V
Frecuencia de red de CA / rango	50 Hz, 60 Hz ¹ / –6 Hz ... +5 Hz	50 Hz, 60 Hz ¹ / –6 Hz ... +5 Hz	50 Hz, 60 Hz ¹ / –6 Hz ... +5 Hz
Frecuencia / tensión asignada de red	50 Hz / 230 V	50 Hz / 230 V	50 Hz / 230 V
Corriente máx. de salida	7,2 A	8,9 A	11 A
Factor de potencia a potencia asignada	1	1	1
Fases de inyección / conexión	1 / 1	1 / 1	1 / 1
Rendimiento			
Rendimiento máx. / europeo	96,0% / 94,3%	96,0% / 95,0%	96,0% / 95,2%
Dispositivos de protección			
Punto de desconexión en el lado de entrada	○	○	○
Monitorización de toma a tierra / de red	● / ●	● / ●	● / ●
Protección contra polarización inversa de CC / resistencia al cortocircuito de CA / con separación galvánica	● / ● / –	● / ● / –	● / ● / –
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal	●	●	●
Clase de protección (según IEC 62103) / categoría de sobretensión (según IEC 60664-1)	I/III	I/III	I/III
Datos generales			
Dimensiones (ancho / alto / fondo)	440 / 339 / 214 mm (17,3 / 13,3 / 8,4 in)	440 / 339 / 214 mm (17,3 / 13,3 / 8,4 in)	440 / 339 / 214 mm (17,3 / 13,3 / 8,4 in)
Peso	16 kg (35,3 lb)	16 kg (35,3 lb)	16 kg (35,3 lb)
Rango de temperatura de servicio	–25 °C ... +60 °C (–13 °F ... +140 °F)	–25 °C ... +60 °C (–13 °F ... +140 °F)	–25 °C ... +60 °C (–13 °F ... +140 °F)
Emisiones de ruido, típicas	33 dB(A)	33 dB(A)	33 dB(A)
Autoconsumo nocturno	0,1 W	0,1 W	0,1 W
Topología	Sin transformador	Sin transformador	Sin transformador
Sistema de refrigeración	Convección	Convección	Convección
Tipo de protección (según IEC 60529)	IP65	IP65	IP65
Clase climática (según IEC 60721-3-4)	4K4H	4K4H	4K4H
Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)	100%	100%	100%
Características			
Conexión de CC / CA	SUNCLIX / conector	SUNCLIX / conector	SUNCLIX / conector
Pantalla	Línea de texto	Línea de texto	Línea de texto
Interfaces: RS485, Bluetooth®, Speedwire/Webconnect	○ / ○ / ○	○ / ○ / ○	○ / ○ / ○
Garantía: 5 / 10 / 15 / 20 / 25 años	● / ○ / ○ / ○ / ○	● / ○ / ○ / ○ / ○	● / ○ / ○ / ○ / ○
Certificados y autorizaciones (otros a petición)	AS 4777, C10/11, CE, CEI 0-21, EN 50438 ² , G83/1-1, IEC 62109-1/-2, NRS 097-2-1, PPC, PPDS, RD1699, RD661/2007, UTE C15-712-1, VDE-AR-N 4105, VDE0126-1-1	AS 4777, C10/11, CE, CEI 0-21, EN 50438 ² , G83/1-1, IEC 62109-1/-2, NRS 097-2-1, PPC, PPDS, RD1699, RD661/2007, UTE C15-712-1, VDE-AR-N 4105, VDE0126-1-1	AS 4777, C10/11, CE, CEI 0-21, EN 50438 ² , G83/1-1, IEC 62109-1/-2, NRS 097-2-1, PPC, PPDS, RD1699, RD661/2007, UTE C15-712-1, VDE-AR-N 4105, VDE0126-1-1
Modelo comercial	SB 1300TL-10	SB 1600TL-10	SB 2100TL



**DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN
BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES
FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED**

**Piranómetro
- KippZonen CMP3 -**

2013

Product Catalogue

Instruments for measuring solar radiation and atmospheric properties



The Kipp & Zonen Product Catalogue

2013

Welcome to our comprehensive catalogue of Solar Radiation and Atmospheric Science Instruments and Accessories. We hope that you will find it both interesting and informative.

The company began in 1830 when Dutch pharmacist Petrus Jacobus Kipp bought a pharmacy shop in the centre of Delft and gave it his name. Shortly afterwards he started an instrument business and became an important adviser to the Royal Academy, now the Delft University of Technology.

In 1844 he designed a constant-flow gas generator, which was used in chemical laboratories all over the world. This “Kipp Generator” remains part of our company logo today. In 1866 his two sons joined the business and the name changed to Kipp & Zonen (‘Sons’).

By 1927 the extensive catalogue of scientific instruments included laboratory glassware, galvanometers, electronic chart recorders, analytical instruments, telephones, and the first ‘Solarimeters’ for measuring solar radiation.

Today, Kipp & Zonen focuses on designing, manufacturing, and marketing, class-leading, high quality instruments for the measurement of solar radiation and atmospheric properties. To support our customers worldwide we have sales offices in France, Singapore and the USA, and a network of distributors in more than 40 countries.



Precise long-term measurements of the radiation budget and atmospheric properties are fundamental to understanding the Earth's climate system and improving weather and climate forecast models.

Kipp & Zonen provides the widest range available of instruments to meet these needs in Meteorology, Climatology, Agriculture, Hydrology, and Industry.

Our products have guaranteed quality at levels of price and performance to suit all applications and are fully traceable to international standards.

The limited reserves, rising prices and concerns over the security of supply of traditional energy sources; together with the increasing awareness of climate change, have resulted in rapid development of alternative energy sources.

Recent years have seen rapid exponential growth in renewable energy markets. Kipp & Zonen provides solar radiation measurement solutions for both photovoltaic and thermal solar energy systems, and for other industrial applications such as material testing and building automation.



Our Capabilities

Kipp & Zonen is a leading authority in the measurement of solar radiation and atmospheric properties and is widely recognized for expertise, quality and service. We support significant research and development and maintain close links with the scientific community and international bodies such as the World Meteorological Organisation (WMO).

We take part in scientific comparisons and field campaigns, are involved with the creation of international standards and are a founder member of the Association of the Hydro-Meteorological Equipment Industry (HMEI). We have in-house facilities for research, development, software, manufacture and testing, and we can provide customer-specific solutions.

High quality customer support is essential to our business and includes provision of spare parts, repair, service and calibration. Our experts are available to give assistance and advice on the most appropriate equipment for an application. For our more complex products we offer on-site installation, commissioning and training.

Kipp & Zonen produces the widest range available of radiometers for the measurement of solar and sky radiation. The solar instruments portfolio covers the spectrum from the Ultraviolet (UV) to the Far Infrared (FIR) and includes integrated net radiometers. The instruments fully comply with World Meteorological Organisation (WMO) and ISO requirements, where applicable.

We make high precision sun trackers, a range of accessories, and provide interfacing and data logging solutions. There is also the Lite™ range of low-cost sensors, a sunshine duration sensor, and more.

Our expertise, close links with the scientific community, and strategic partnerships have led to high-end solutions for the measurement of atmospheric properties such as stratospheric Ozone, UV spectra, aerosols, heat fluxes, evapo-transpiration and the ground-truthing of satellite data. The Brewer Spectrophotometer, LAS MkII Large Aperture Scintillometer, Sky Radiometers and a spectral Sun Photometer all form part of our Atmospheric Science Instruments range.

About this Catalogue

The catalogue is arranged by types of product, for instance Pyranometers. For each type there is an introduction to the measurement made, the technology used, the typical applications and the range of models available.

Each model has a description, key specifications, part numbers and a list of available options and accessories. The catalogue gives a comprehensive overview of our product range at the time of publication but much additional product information, including improvements and new introductions, is available from our website at www.kippzonen.com

Additional Product Information

Our website contains a lot more information than it is possible to include in this catalogue. Brochures, Instruction Sheets and Manuals are free to download in pdf. These are always the latest versions and therefore may differ slightly from the information printed in this catalogue. Also available are application guides, technical documents, scientific papers, FAQ section, and more. Please go to www.kippzonen.com and have a browse.

Part Numbering

Many Kipp & Zonen instruments have a range of options available, such as temperature sensors and cable lengths. To minimise the possibility of errors we use a part number system whereby each option has a unique code attached to the basic instrument number. This system also allows us to introduce future options with the minimum of complication.

All items have a 7-digit part number. Where there are no options available this is the whole number. Where options are available the instrument has the basic number plus 3 extension codes, in the format 1234567-ABC. For each product the 'standard' version with part number and description is shown first.

Price and Delivery

Please contact your local Kipp & Zonen sales office or distributor for prices and delivery times. Their contact information can be found on our website at www.kippzonen.com

Quality

Kipp & Zonen B.V. is an ISO 9001:2008 certified company.

Warranty

The products in this catalogue have a world-wide 2 year warranty valid from the date of invoice, with the exception of a few items, such as consumables.

Spare Parts, Service, Calibration and Repairs

Contact your local Kipp & Zonen sales office or distributor for a quotation. Please give the instrument type, the serial number and a description of the problem or the work/parts required. Their contact information can be found on our website www.kippzonen.com

Disclaimer

Whilst every effort has been made to ensure that the information and specifications quoted in this catalogue are correct at the date of going to press, Kipp & Zonen reserves the right to alter specifications without notice due to product changes and improvements. For this reason there may sometimes be differences between this catalogue and the latest product brochures.

COPYRIGHT© 2013 - Kipp & Zonen B.V.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means, without permission in written form from the company.





Pyranometers

FOR THE ACCURATE MEASUREMENT OF SOLAR IRRADIANCE

Scientists, researchers and commercial companies in renewable energy, climatology, weather, agriculture, water resources and environment all require accurate and reliable measurements of solar radiation. The measurement is made by pyranometers, which are radiometers designed for measuring the total (global) irradiance on a plane surface resulting from radiant fluxes in the wavelength range from 300 to 3000 nanometers (nm).

Kipp & Zonen has been manufacturing pyranometers for over 75 years. We produce models at all price and performance points, up to the very best available.

Our pyranometers are designed for a long operating life with simple maintenance. All models have built-in levelling facilities, except the CM 4, and a wide range of accessories is available.

The SP Lite2 silicon photo-diode pyranometer, is compact and low cost and is ideal for use in solar energy applications, plant growth, evapo-transpiration and building automation.

The CM 4 high temperature pyranometer has a thermopile detector and is specially designed for measuring solar or artificial light irradiance under the most extreme temperature conditions.

The CMP series of thermopile pyranometers are known for their ergonomic and user-friendly features to facilitate installation, maintenance, and exchange for recalibration.

The SMP series are the world's first smart pyranometers with built-in intelligence. Building on the proven CMP Series design and measurement technology they add digital signal processing to improve performance and interfaces optimised for industrial data acquisition and control systems.

The smart interface that features Modbus® data communication for connection to programmable logic controllers (PLC's), inverters, digital control equipment and the latest generation of data loggers. Amplified Voltage or Current outputs are also included.

All models, except the SP Lite2, comply with the requirements of ISO 9060:1990 and are fully traceable to the World Radiometric Reference (WRR) in Davos, Switzerland, where Kipp & Zonen instruments form part of the World Standard Group.

CMP 3



CMP3 is an ISO Second Class pyranometer designed for shortwave global solar radiation measurements in the spectral range from 300 to 2800 nm. The thermopile detector measures irradiance up to 2000 W/m² with a response time less than 18 seconds and typical sensitivity of 10 µV/W/m², that varies less than 5 % from -10 °C to +40 °C.

CMP3 is smaller and lighter than the other CMP Series pyranometers. It has a robust 4 mm thick glass dome to protect the thermopile detector from external influences. The small size and sealed construction make this instrument the ideal choice for horticulture, monitoring solar energy installations, industrial applications, and entry level weather stations.

Two CMP 3's can easily be mounted back-to-back and fitted with the accessory mounting rod to make a low-cost albedometer.

Specifications

Classification to ISO 9060:1990	Second Class
Spectral range (50 % points)	300 to 2800 nm
Sensitivity	5 to 20 µV/W/m ²
Impedance	20 to 200 Ω
Expected output range (0 to 1500 W/m ²)	0 to 30 mV
Maximum operational irradiance	2000 W/m ²
Response time (63 %)	< 6 s
Response time (95 %)	< 18 s
Zero offsets	
(a) thermal radiation (at 200 W/m ²)	< 15 W/m ²
(b) temperature change (5 K/h)	< 5 W/m ²
Non-stability (change/year)	< 1 %
Non-linearity (100 to 1000 W/m ²)	< 1.5 %
Directional response (up to 80 ° with 1000 W/m ² beam)	< 20 W/m ²
Spectral selectivity (350 to 1500 nm)	< 3 %
Temperature response	< 5 % (-10 °C to +40 °C)
Tilt response (0 ° to 90 ° at 1000 W/m ²)	< 1 %
Field of view	180 °
Accuracy of bubble level	< 0.2 °
Detector type	Thermopile
Operational temperature range	-40 °C to +80 °C
Storage temperature range	-40 °C to +80 °C
Humidity range	0 to 100 % non-condensing
Ingress Protection (IP) rating	67

Article

Part number

CMP 3 Pyranometer • 10 m cable

0338920-002

Options for CMP 3

CMP 3 Pyranometer • 25 m cable

0338920-004

CMP 3 Pyranometer • 50 m cable

0338920-005

CMP 3 Pyranometer • plug only, no cable

0338920-008

CMP 3 Pyranometer • METEON • 10 m cable

0338920-702

CMP 3 Pyranometer • AMPBOX • 10 m cable

0338920-802

CMP 3 Pyranometer • AMPBOX • 25 m cable

0338920-804

CMP 3 Pyranometer • AMPBOX • 50 m cable

0338920-805

CMP 3 Pyranometer • AMPBOX • plug only, no cable

0338920-808

100 m cable

On request

Note: AMPBOX is adjusted so that 4 - 20 mA output = 0 - 1600 W/m²

CMP 3 Albedometer

CMP 3 Second Class Albedometer

An ISO Second Class Albedometer can be self-assembled by ordering:
2x CMP 3 Pyranometer + 1x Mounting Rod

Note: CMP 3 Albedometer can be used with the AMPBOX but it has two individual outputs, so 2 x AMPBOX are required.

Accessories for CMP 3

Part number

Mounting Rod

0338720

Screw-in 300 mm long x 12 mm Ø

CMF 1 Mounting Fixture

0362700

For 1 or 2 unventilated radiometers (1 upper / 1 lower)
Diameter 88 mm. Mounting rod 350 mm long x 16 mm Ø

CMB 1 Mounting Bracket

0369701

In combination with mounting rod for easy attachment to a pole or a wall

CM 121B Shadow Ring for unventilated radiometers

0346900

Manually adjusted device provides diffuse sky irradiance measurement

Note: CMP 3 cannot be used with CVF 3 Ventilation Unit

Note: CMP 3 cannot be used with Glare Screen Kit



Sensor de humedad y temperatura

- Elektronik EE160 -

EE160

HVAC Humidity and Temperature Transmitter

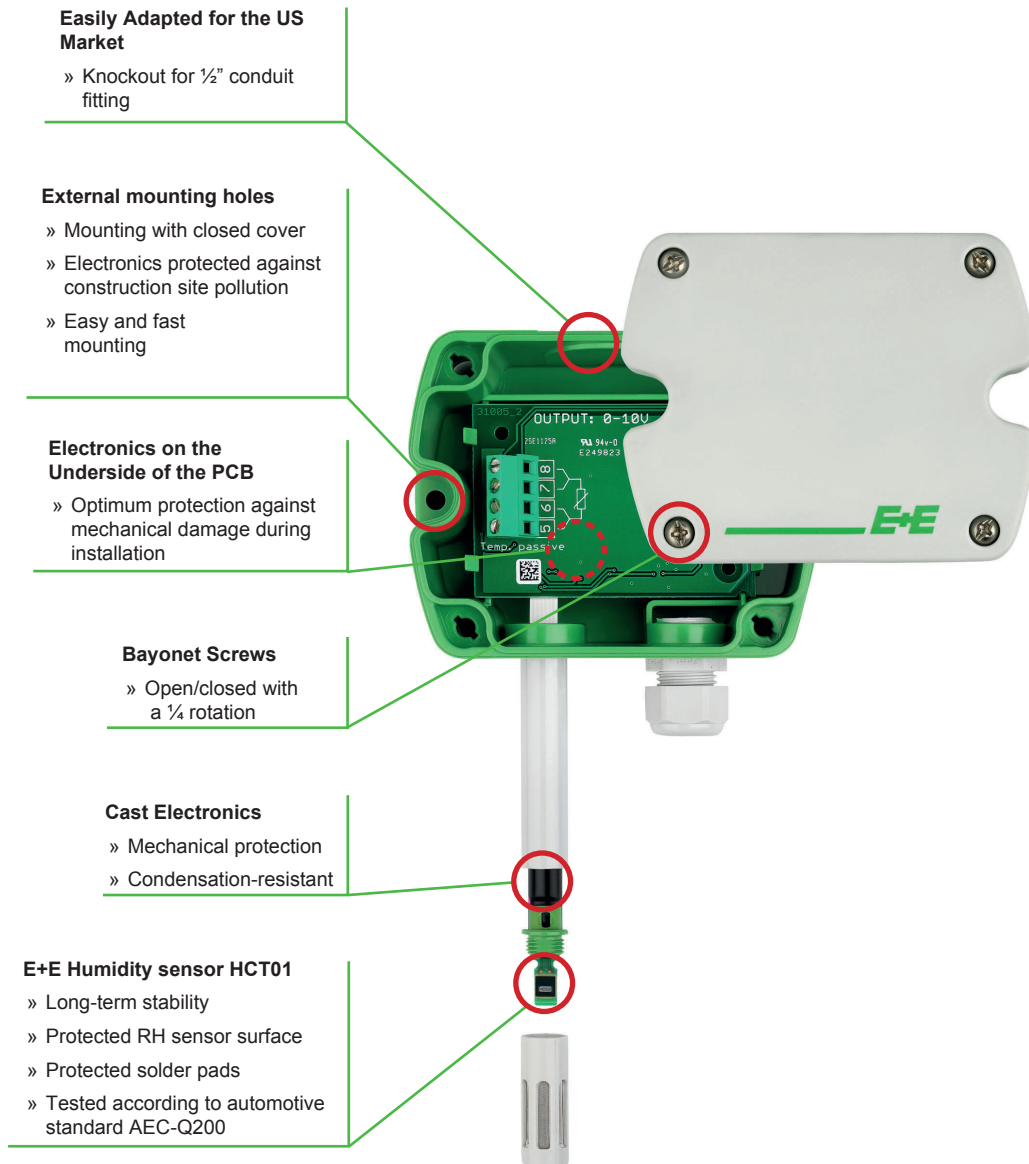
Specially designed for HVAC, the EE160 sensor by E+E Elektronik is a cost-effective, highly accurate and reliable solution for measuring relative air humidity and temperature.

The enclosure minimizes installation costs and provides outstanding protection against contamination and condensation, thus ensuring flawless operation.

The EE160 employs the new humidity/temperature E+E sensor element HCT01 with excellent long term stability and resistance against pollutants. In combination with a long calibration experience, the EE160 provides a measurement accuracy of $\pm 2.5\%RH$ and is available for wall or duct-mounted with current, voltage or Modbus RTU output.



A configurator makes it possible to freely select the scaling of the temperature output and configure the Modbus parameters. The configurator software, which is free of charge, allows additionally for an on-site adjustment of the humidity and temperature.



Technical data

Measured values

Relative Humidity

Sensor	E+E Sensor HCT01-00D	
Analog output 0...100% RH	0-10 V	-1 mA < I _L < 1 mA oder
	4-20 mA (two-wire)	R _L < 500 Ohm
Digital output	RS485	
Working range	10...95% RH	
Accuracy at 20°C	±2.5% RH	
Temperature dependency	typ. ±0.03% RH/°C	

Temperature

Sensor	Pt1000 (tolerance class B, DIN EN 60751)	
Analog output ¹⁾	0-10 V	
	4-20 mA	
Digital output	RS485	
T-Accuracy at 20°C	±0.3°C	
passive T-output	see ordering code	

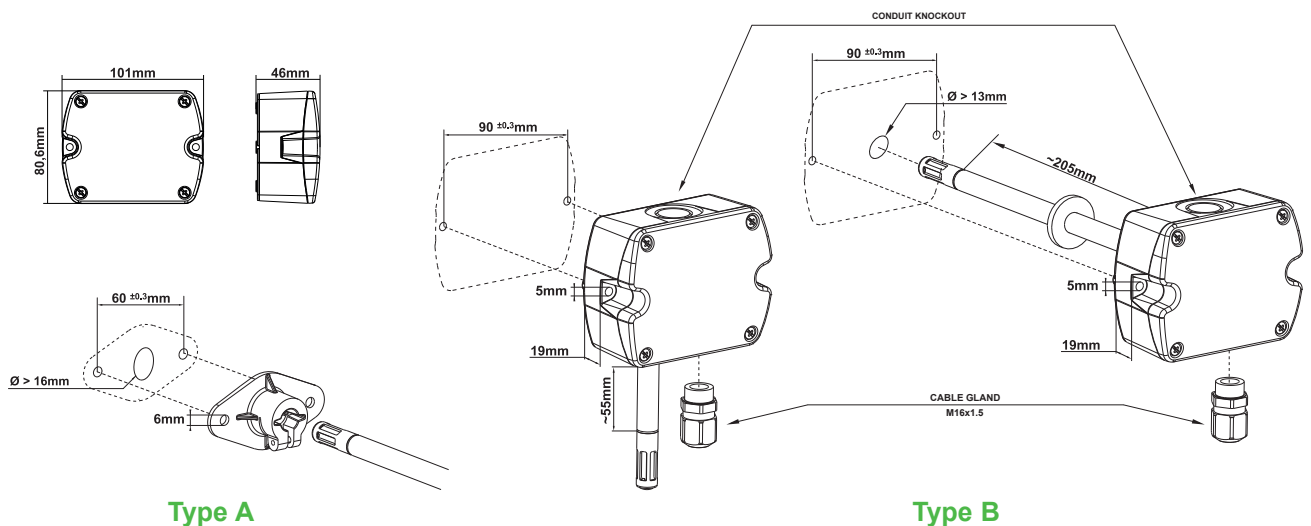
General

Power supply		
for 0 - 10 V / RS485	15 - 35V DC or 24V AC ±20%	
for 4 - 20 mA	10V + R _L x 20 mA < U _v < 35V DC	
Current consumption		
Analog	with DC power supplytyp. 5mA	
	with AC power supplytyp. 13mA _{eff}	
Digital	with DC power supplytyp. 15mA	
	with AC power supplytyp. 25mA _{eff}	
Connection	Screw terminals, max. 1.5 mm ²	
Housing / protection class	Polycarbonate (UL listed) / IP65	
Cable gland	M16 x 1.5	
Sensor protection	membrane filter	
Electromagnetic compatibility	EN61326-1	
	EN61326-2-3	
Temperature ranges	Operating temperature: -15...60°C (5...140°F)	
	Storage temperature: -25...60°C (-13...140°F)	

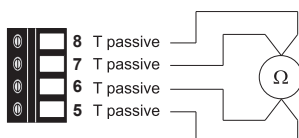


¹⁾ Output scaling see Ordering Guide

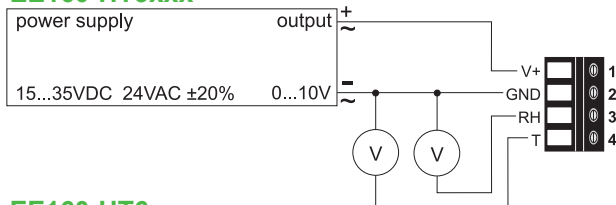
Dimensions (mm)



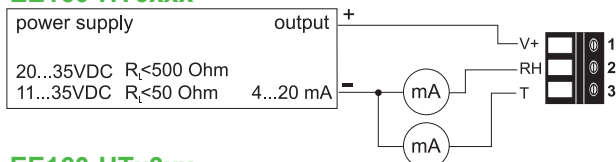
Connection diagram



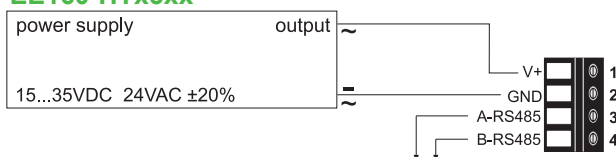
EE160-HT3xxx



EE160-HT6xxx



EE160-HTx3xx



Ordering Guide

Configuration

MODEL	ANALOG ¹⁾	DIGITAL ¹⁾	PASSIVE T-SENSOR ²⁾	HOUSING	TYPE	FILTER
humidity + temperature (HT)	0-10V (3) 4-20mA (6) none (x)	RS485 (3) none (x)	Pt 100 DIN A (A) Pt 1000 DIN A (C) NTC 10k (E) none (x)	polycarbonate (P)	wall mount (A) duct mount (B)	membrane filter (B)
EE160-						

Interface parameter - analog output

OUTPUT SCALING	SCALING	UNIT
temperature (Tx)	°C -20...80 (024) -40...60 (002) -10...50 (003) 0...50 (004) other Scalings see Datasheet „T-Scaling“	°F -32...122 (076) -40...140 (083) 0...180 (026) metric (M) non-metric (N)

Interface parameter - digital output*

PROTOCOL	BAUDRATE	PARITY	STOPBITS	UNIT
modbus (1)	9600 (A) 19200 (B) 38400 (C)	odd (O) even (E) no parity (N)	1 stopbit (1) 2 stopbit (2)	metric (M) non-metric (N)

¹⁾ a combination of analog and digital version is not possible ²⁾ analogue version only

Accessories

- EE160 Cable for configuration adapter (analog) (HA011059)
- EE160 Cable for configuration adapter (digital) (HA011055)
- Configuration adapter (HA011050)

Order example

Analog output

EE160-HT6xAPAB-Tx001M

Model: humidity + temperature transmitter
 Analog output: 4-20mA
 Passive T-Sensor: Pt 100 DIN A
 Housing: polycarbonate
 Type: wall mounting
 Filter: membrane filter

Output scaling: temperature
 Scaling: -30...40°
 Unit: metric

42

Digital output

EE160-HTx3xPBB-1AE1N

Model: humidity + temperature transmitter
 Digital output: RS485
 Housing: polycarbonat
 Type: duct mounting
 Filter: membrane filter

Protocol: Modbus
 Baudrate: 9600
 Parity: even
 Stopbits: 1
 Unit: non-metric

EE160



**DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN
BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES
FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED**

Anemómetro y veleta

Meteo M&R

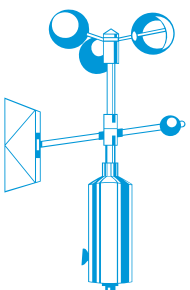
wind measurement



PA2 & PRV wind sensors

**CUP ANEMOMETER
& POTENTIOMETER WINDVANE
LIGHTWEIGHT, HIGH QUALITY**

The PA2 series cup anemometers and PRV potentiometer windvane from Wittich & Visser are light weight instruments for measuring wind speed and wind direction. Both sensors are ideal for agro-meteorology, greenhouse automation, HVAC, safety guard regulations, etc.



ingenieursbureau **wittich & visser**

scientific and meteorological instruments

PA2 & PRV wind sensors

The PA2 series cup anemometers and PRV potentiometer windvane from Wittich & Visser are light weight instruments for measuring wind speed and wind direction. Both sensors are ideal for agro-meteorology, greenhouse automation, HVAC, safety guard regulations, etc.



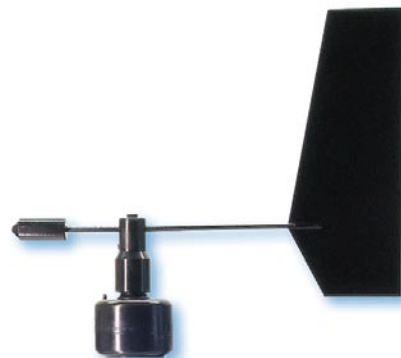
cup anemometer PA2



Light weight cup anemometer based on Hall effect principle. Measuring range 0..60 m/s with a threshold of 0,5 m/s. Two pulses per rotation and 67 pulses at 30 m/s. The PA2 is an affordable high quality cup anemometer with ceramic magnets and stainless steel bearings and mounting hardware.

This cup anemometer is also available with 2-wire 4..20 mA output (PA2-C).

wind vane PRV



Light weight, long life potentiometer vane. Mechanical angle 360° without stop. Electrical angle $350^{\circ} \pm 3^{\circ}$, threshold is between 1.2 and 1.5 m/s. The PRV is an affordable high quality wind vane with oil bronze bearings and stainless steel mounting hardware.

This wind vane is also available with 2-wire 4..20 mA output (PRV-C).

measurement

TECHNICAL SPECIFICATIONS PA2

ANEMOMETER

measuring principle	Hall effect with magnets
air velocity range	0..60 m/s
threshold	0,5 m/s
response length	2,2 m
operating temperature	-30..+70°C
pulses	2 per rotation
frequency	67 Hz at 30 m/s
output PA2-C	4..20 mA
power supply PA2	4,5..30 VDC
power supply PA2-C	10..30 VDC

MATERIAL

housing	POM, black
ball bearings	stainless steel
mounting hardware	stainless steel
magnets	ceramic
cups	polycarbonate

TECHNICAL SPECIFICATIONS PRV

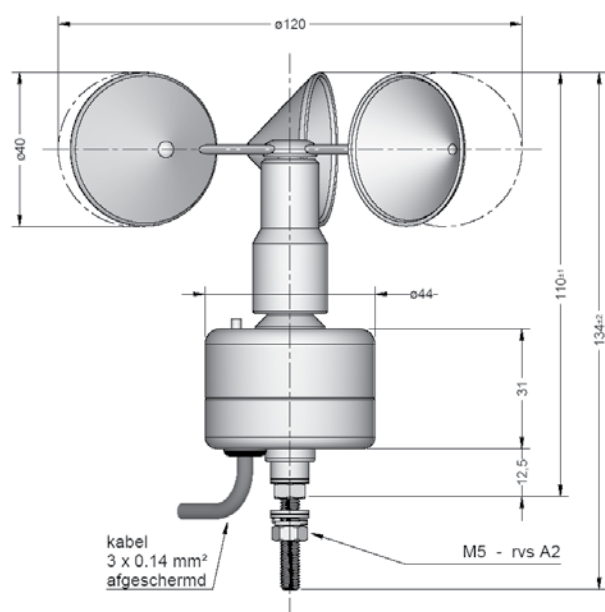
POTENTIOMETER

life expectatio	> 20 x 10 ⁶ rotations
electrical angle	350 ± 3°
mechanical angle	360° without stop
damping ratio	0,35
threshold	1,2..1,5 m/s
linearity	1 %
resistance value	5 kOhm +/- 10 %
output PRV-C	4..20 mA
power supply PRV-C	10..30 VDC
operating temperature	-30..+80°C
temperature coefficient	± 200 ppm/°C

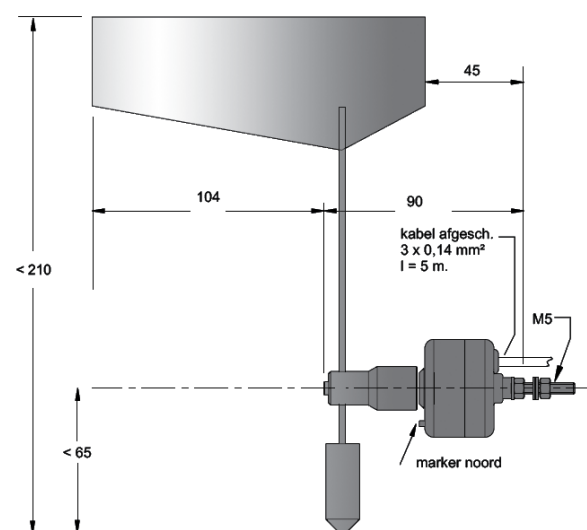
MATERIAL

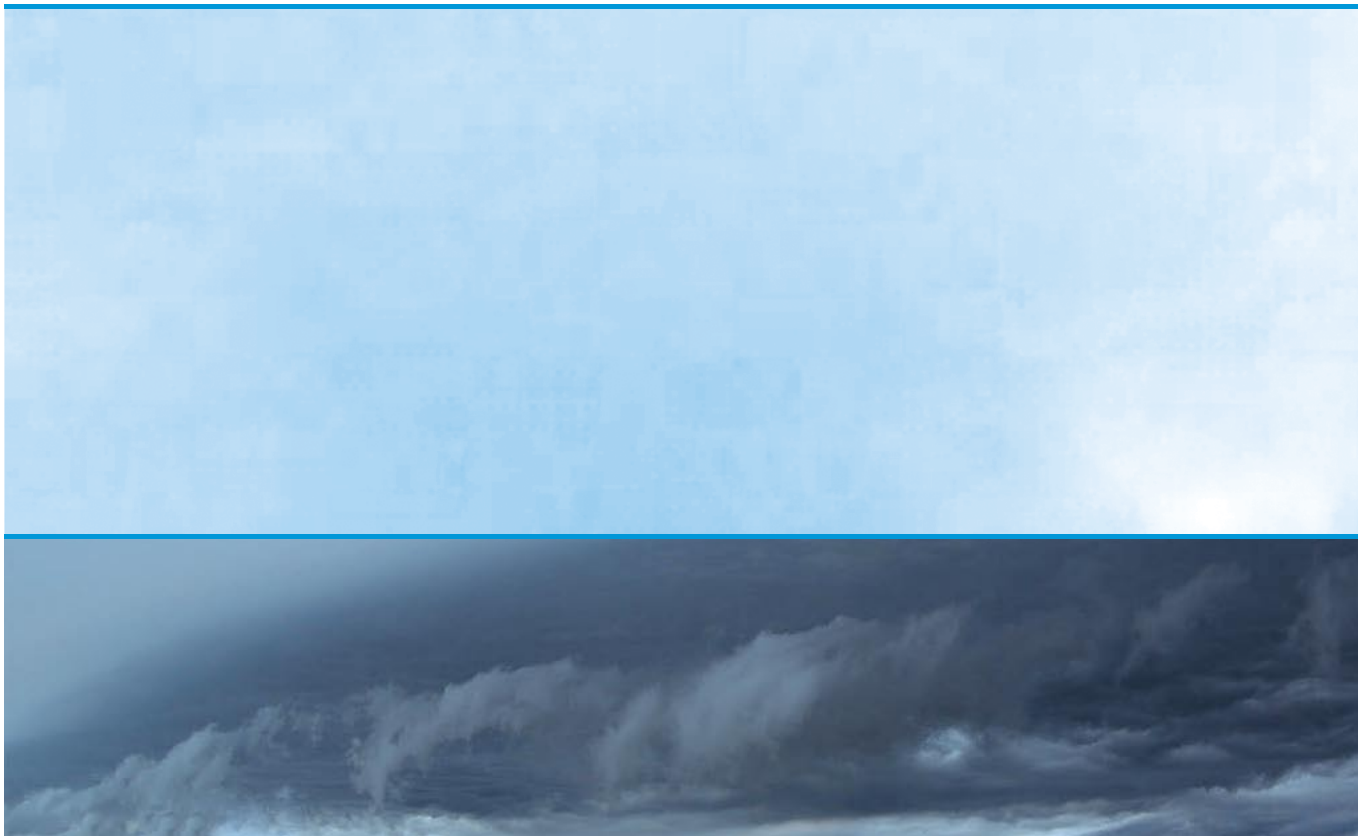
housing	POM, black
vane blade	painted glass fibre epoxy
vane stem and balance weight	painted brass
bearings	oil bronze
mounting hardware	stainless steel

DRAWING PA2



DRAWING PRV





INGENIEURSBUREAU WITTICH & VISSER

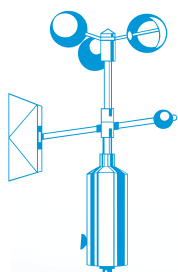
Ingenieursbureau Wittich & Visser was founded in 1924 and since then specialized in scientific and meteorological instruments. Worldwide leading companies and public institutes rely on the knowledge of Wittich & Visser about setting up and installing meteorological Instruments. We are **made to measure**.

It is the complete measurement set up that counts, not the individual Instruments. We at Wittich & Visser want the best solution for your answer. With our partners and our wide expertise of set up and installation of meteorological measurements, we can give you the best solution, service and instruments.

For more information, visit our website:
www.wittich.nl



Our office at the Handelskade in Rijswijk, the Netherlands



ingenieursbureau **wittich & visser**
scientific and meteorological instruments

handelskade 76
2288 bg rijswijk
the netherlands

p.o.box 1111
2280 cc rijswijk
the netherlands

tel. +31 70 3070706
fax +31 70 3070938

www.wittich.nl
info@wittich.nl



**DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN
BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES
FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED**

PLANOS E IMÁGENES

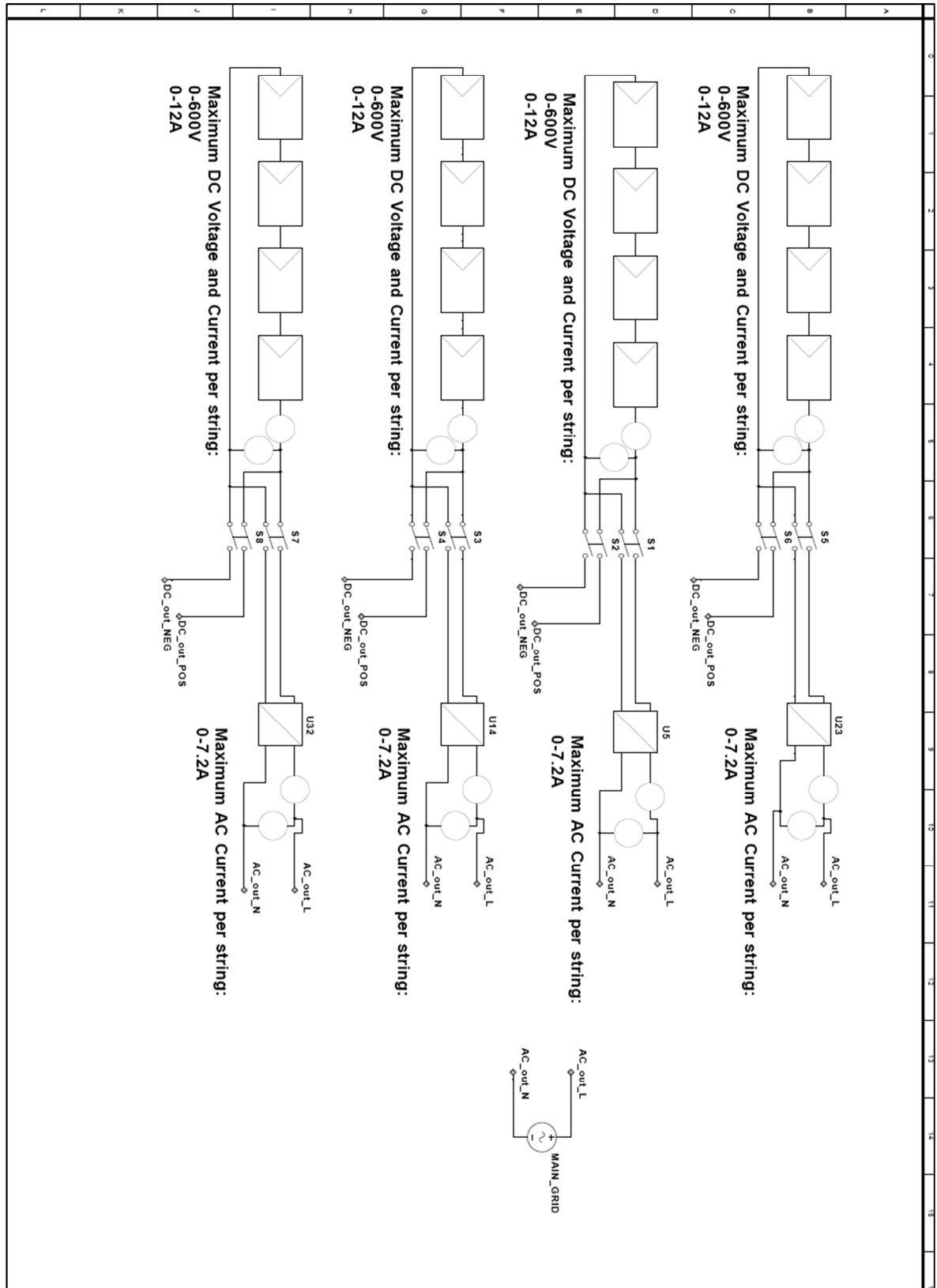


**DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN
BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES
FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED**

Diagrama eléctrico



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACION DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACION DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED



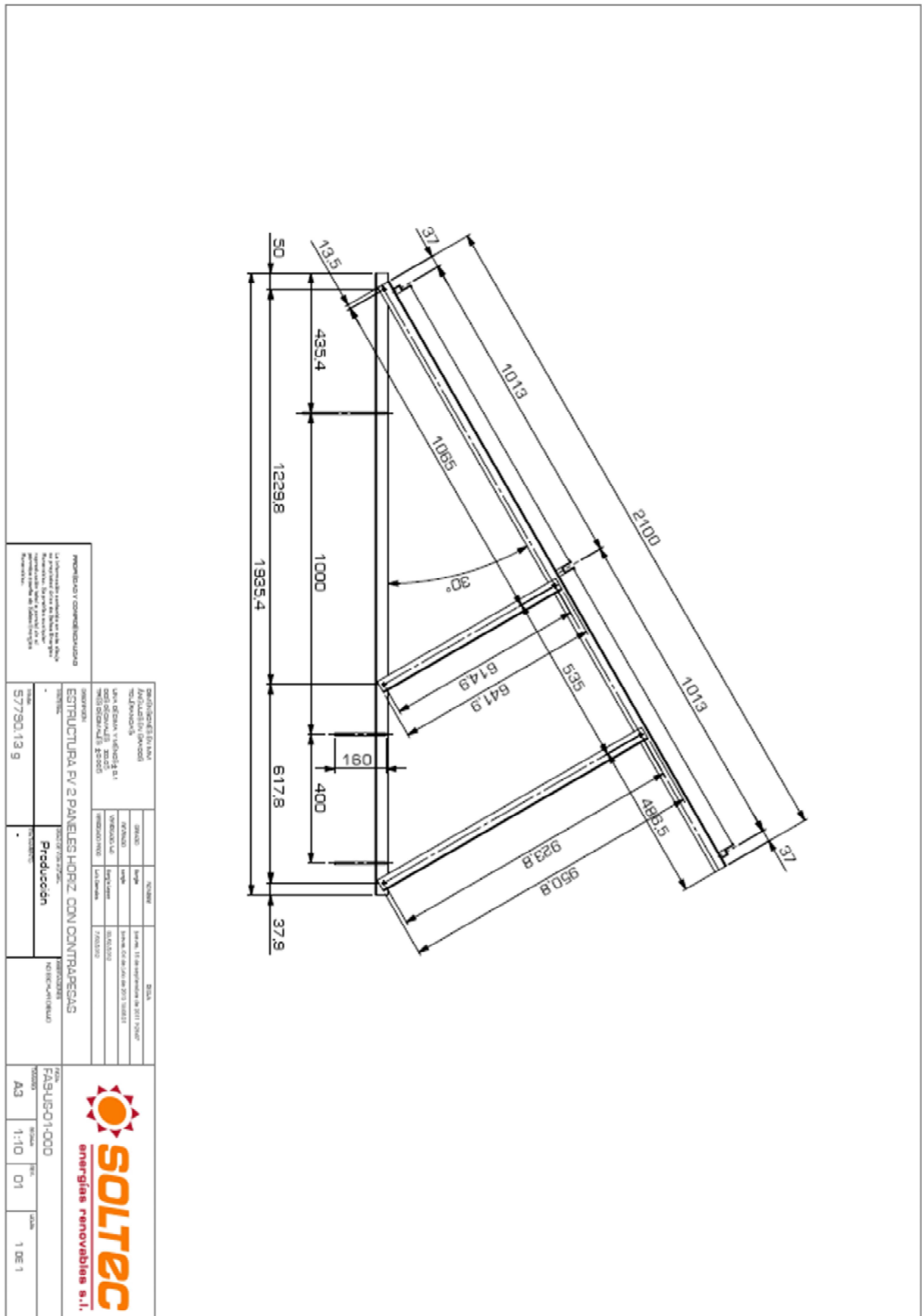


**DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN
BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES
FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED**

Dimensiones de la estructura



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED





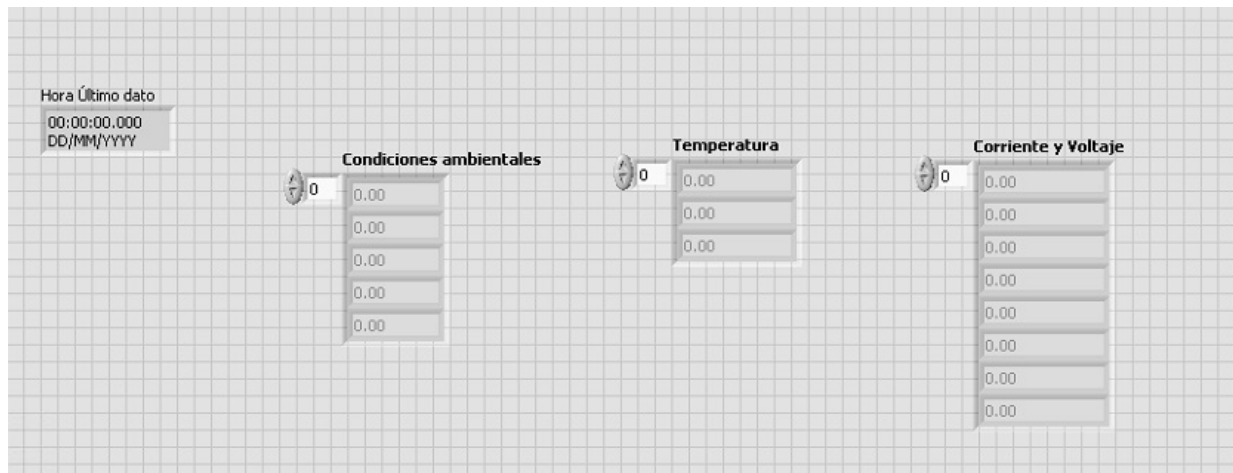
**DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN
BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES
FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED**

Panel Frontal LABVIEW

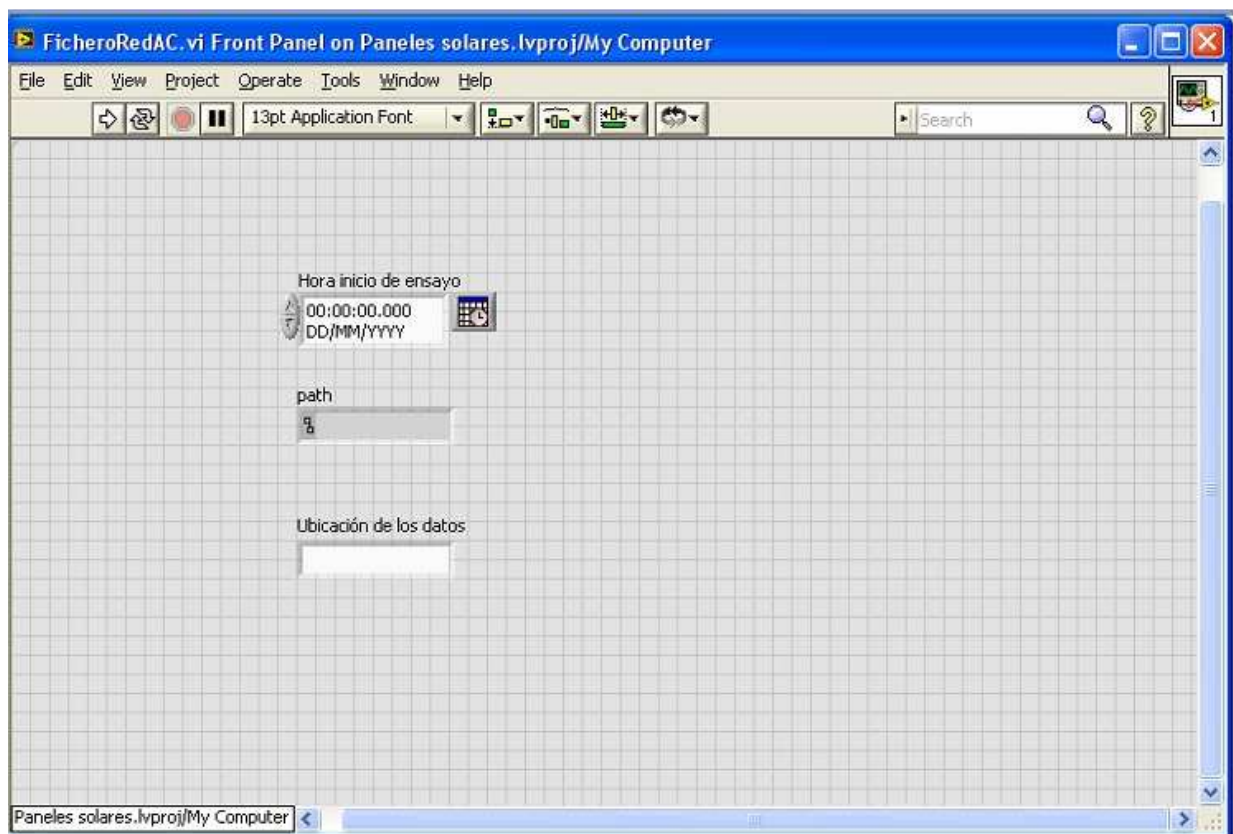


DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

Panel Frontal DAQ.vi



Panel Frontal FicheroRedAC.vi





DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

Panel Frontal Instalación Conectada a Red AC.vi

INSTALACIÓN CONECTADA A RED

Último dato: 18:15:00.125 23/09/2014

ENSAYO EN CURSO

Condiciones Iniciales | Datos instantáneos | Condiciones ambientales | Tª Paneles | Voltaje AC | Intensidad AC | Potencia instantánea

Ubicación de los datos: C:\Documents and Settings\win\Mis documentos\TFG-SOLAR 2\ Datos\

Hora inicio de ensayo: 19:15:00.000 21/09/2014

Hora inicio de ensayo: 19:15:00.000 21/09/2014

Duración del ensayo (h): 48


Hora final del ensayo: 19:15:00.000 23/09/2014

Periodo entre lecturas (min): 15

Hora último dato: 18:15:00.125 23/09/2014

Iniciar ensayo: **START**

Parar toma de datos: **STOP**



Parar programa: **STOP**

INSTALACIÓN CONECTADA A RED

Último dato: 18:15:00.125 23/09/2014

ENSAYO EN CURSO

Condiciones Iniciales | Datos instantáneos | Condiciones ambientales | Tª Paneles | Voltaje AC | Intensidad AC | Potencia instantánea

Condiciones ambientales

Velocidad del aire (km/h): 6.88117

Dirección del viento (°): 234.923

Irradiación (W/m²): 103.264

Tª Ambiente (°C): 25.8421

Humedad (RH): 53.1986

Temperatura de los paneles solares

Tª Panel 1 (°C): 37.928

Tª Panel 2 (°C): 38.125

Tª Panel 3 (°C): 38.305

Medida de Voltaje e Intensidad

AC

Corriente AC String (A)	Voltaje AC String (V)
0.60824	237.051
0.56664	237.474
0.62007	237.48
0.53179	237.142

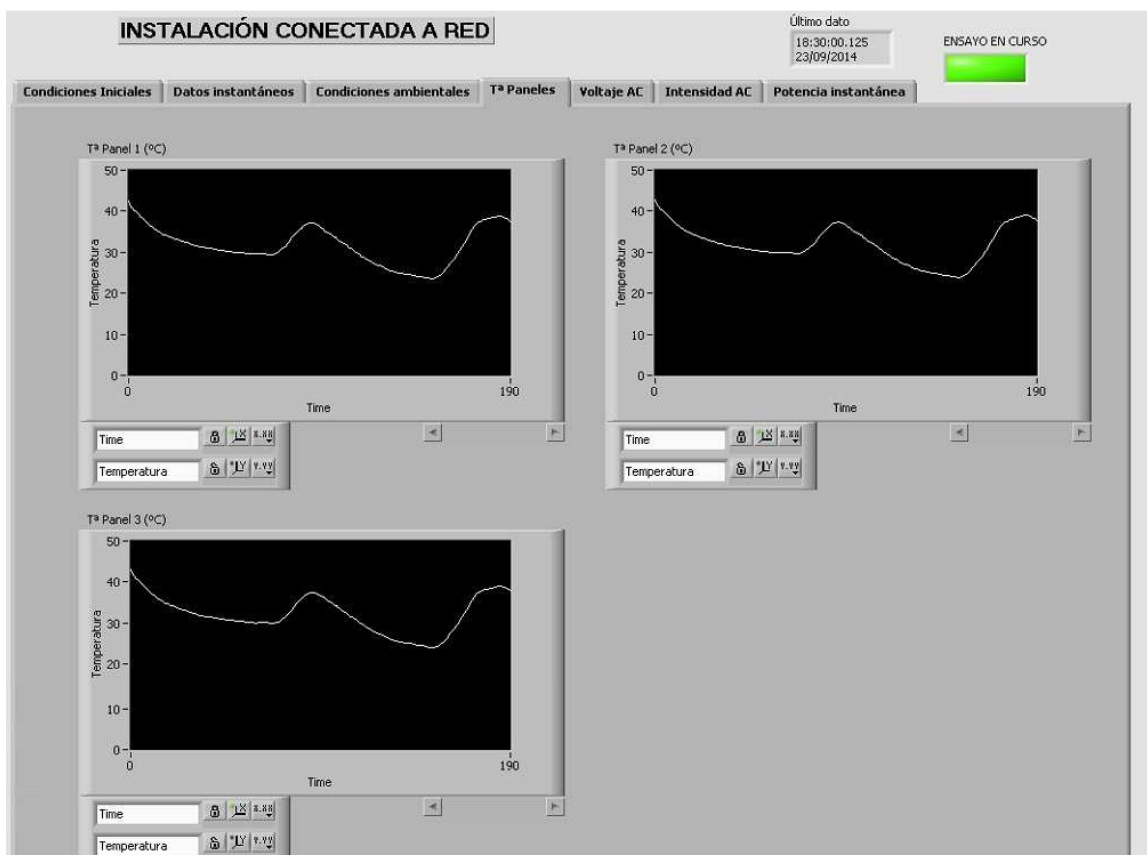
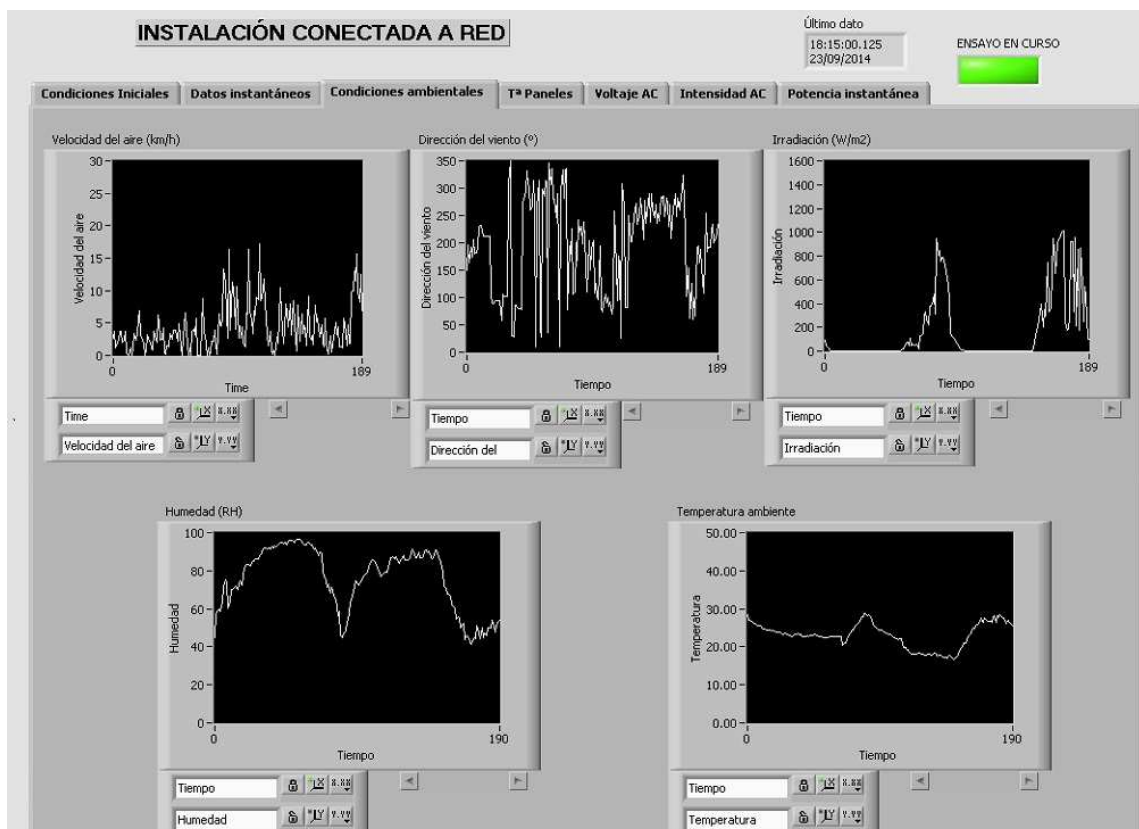
Potencia

String (W)
116.368
143.598
117.409
120.108

Potencia TOTAL (kW): 0.49748

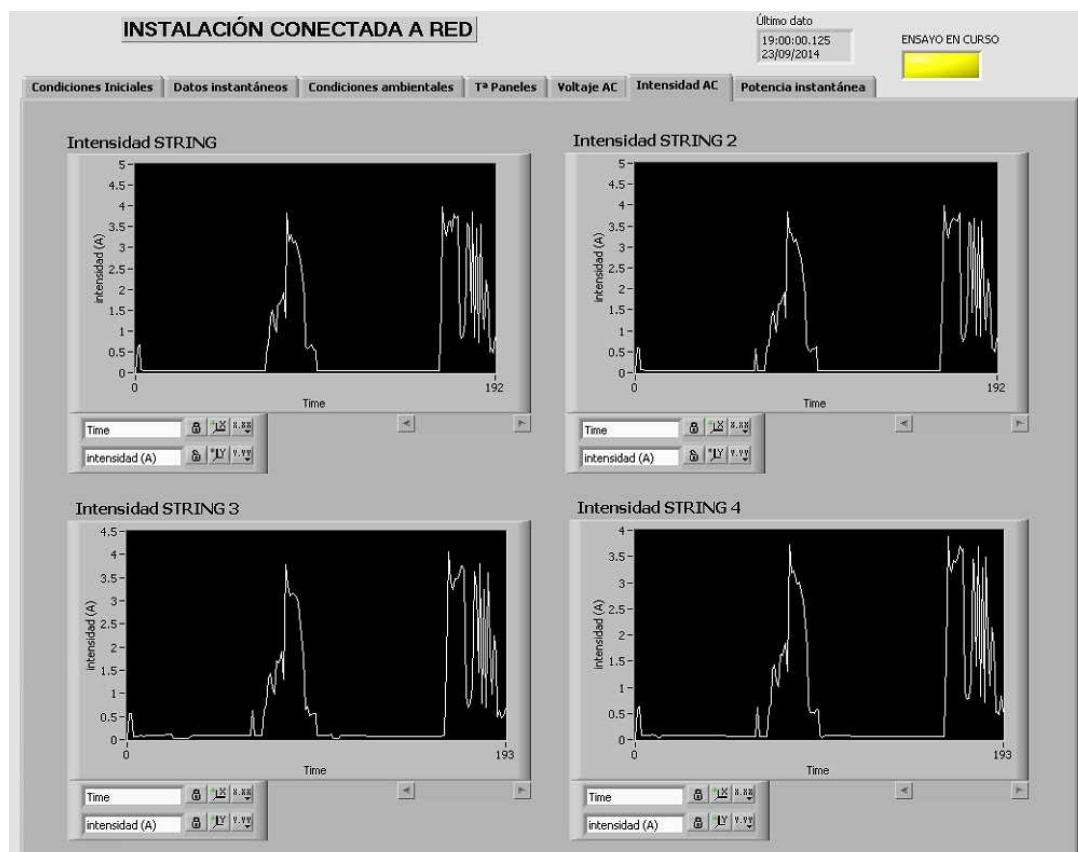
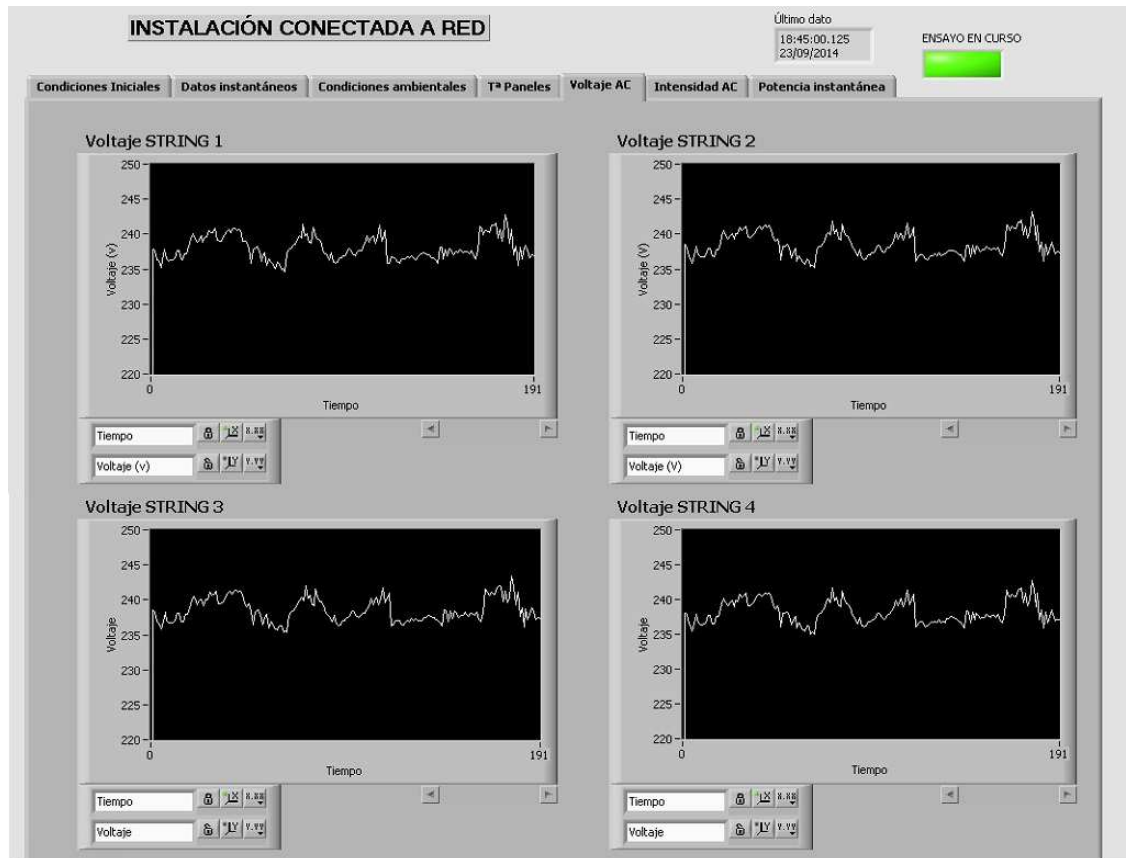


DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED



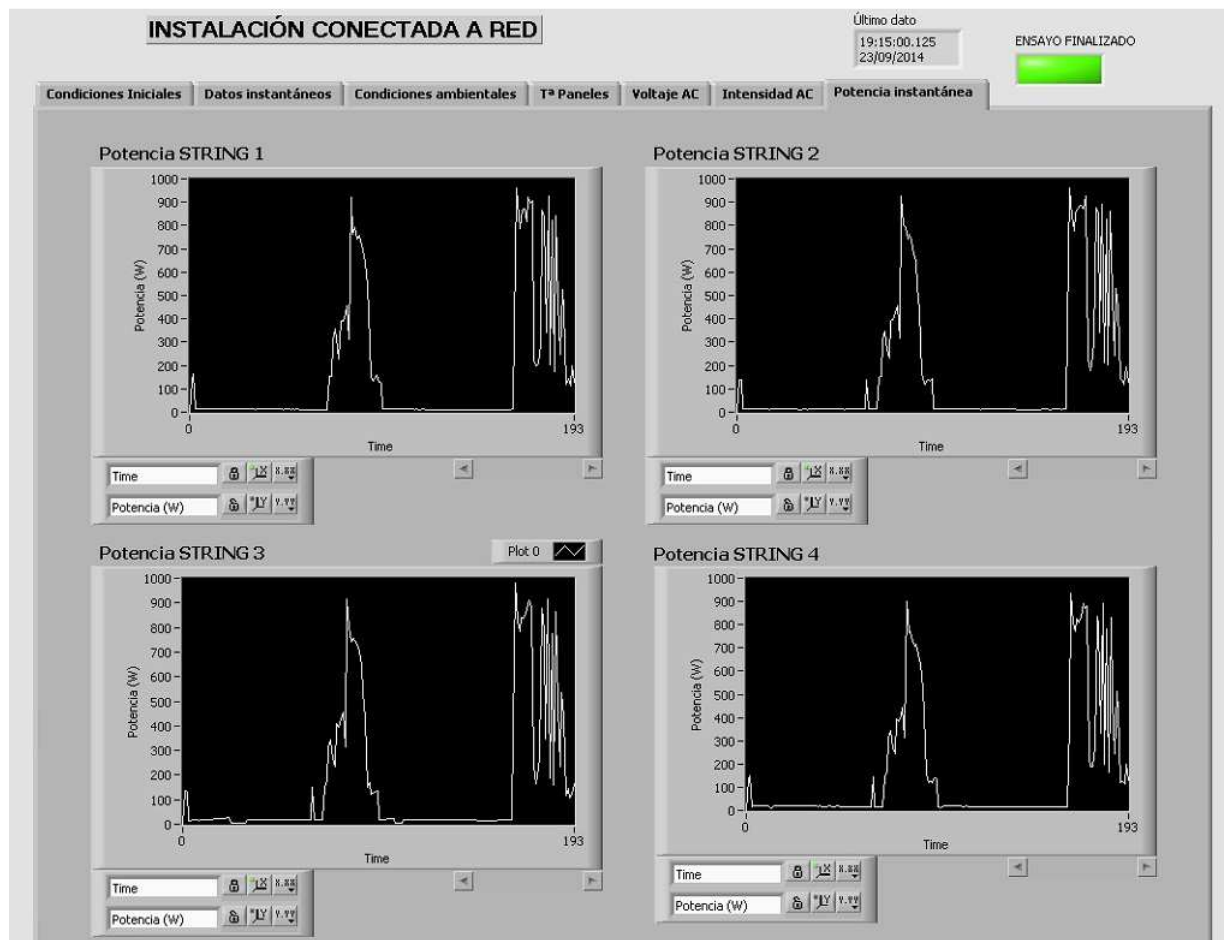


DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED





DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED





**DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN
BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES
FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED**

Diagrama de Bloques LABVIEW



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

Diagrama de Bloques DAQ.vi

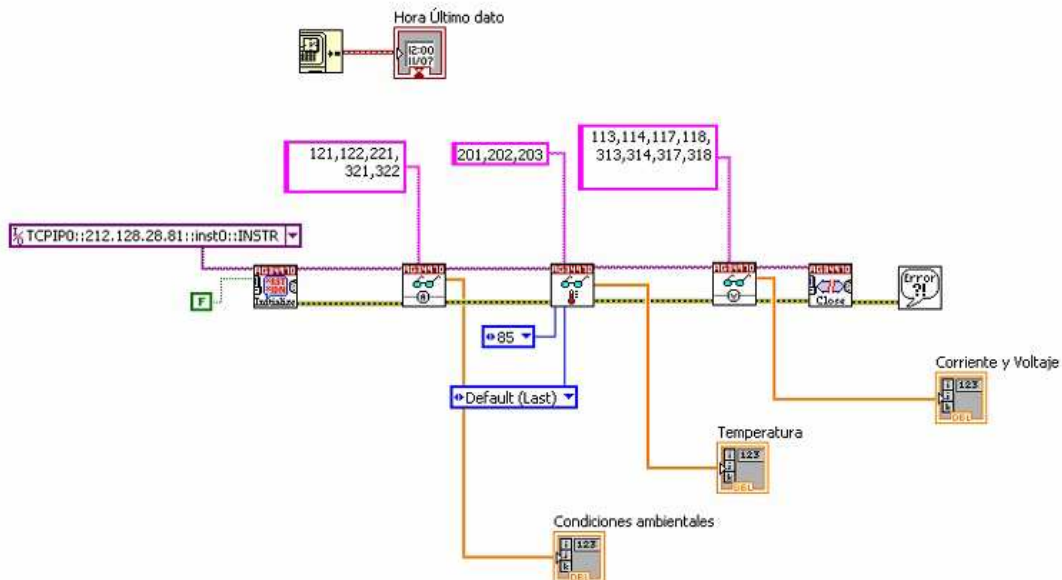


Diagrama de Bloques FicheroRedAC.vi

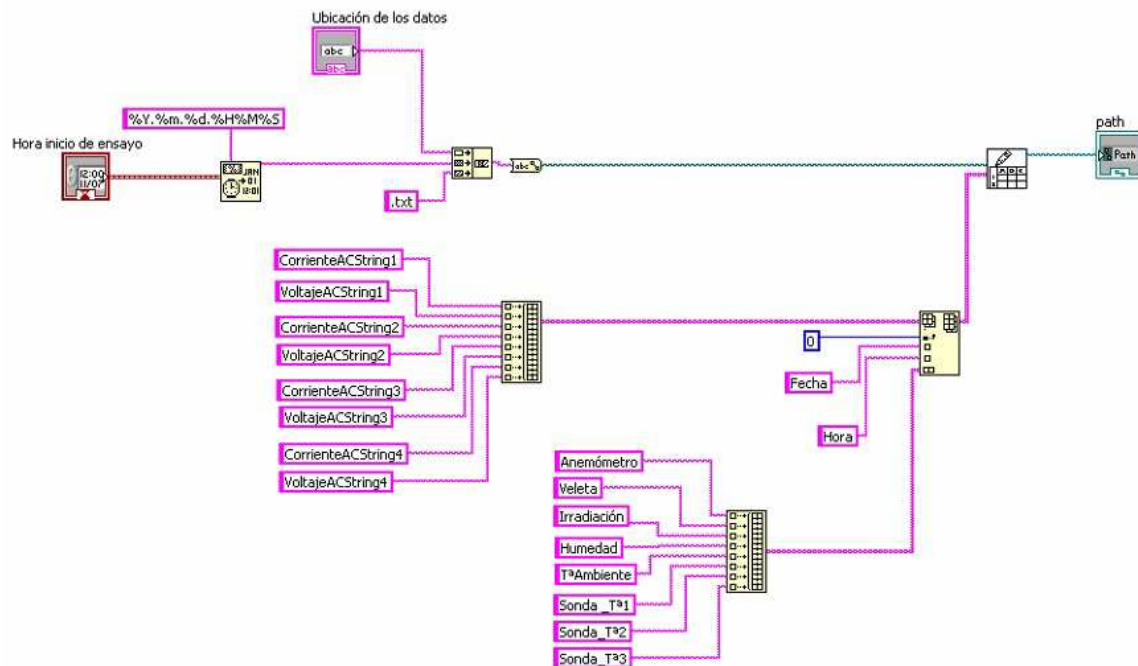


Diagrama de Bloques Instalación Coenctada a Red AC.vi

Estudio de Paneles solares

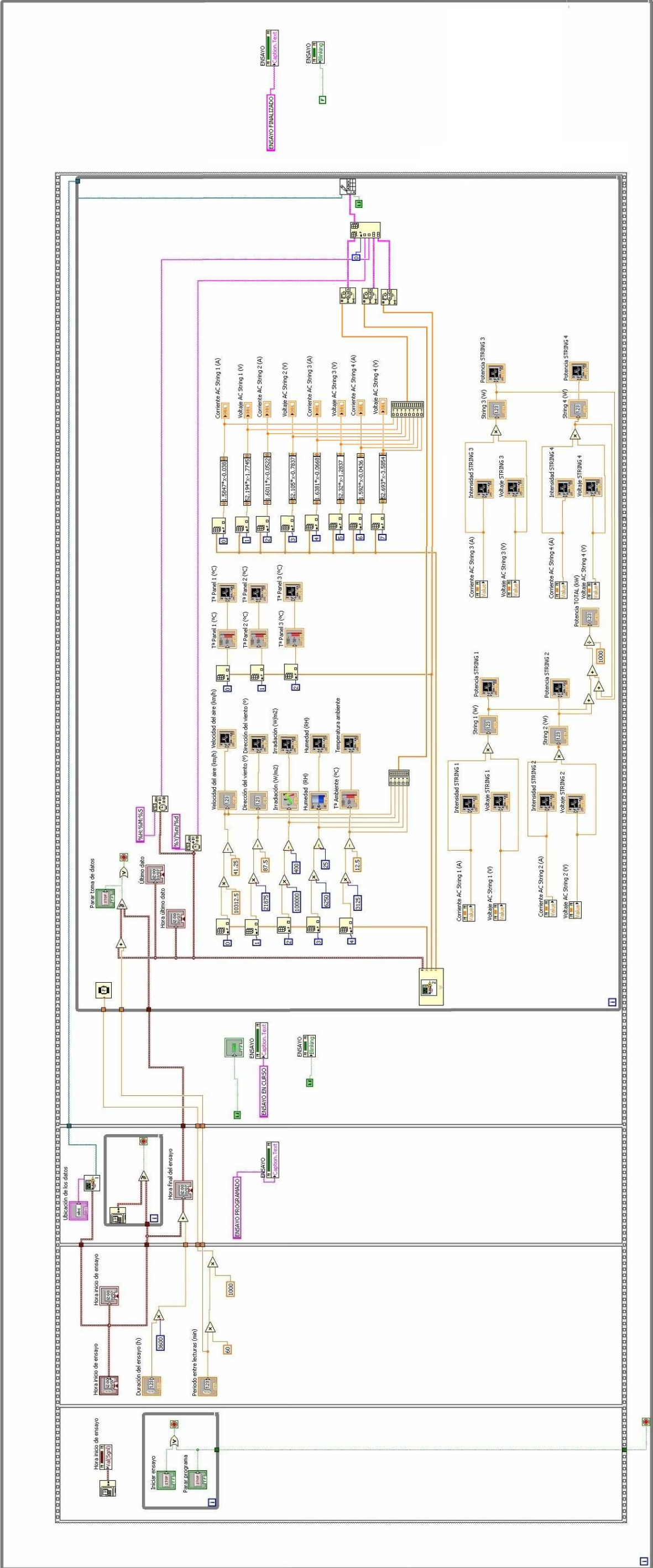




Tabla de conversión de datos



**DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN
BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES
FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED**

Tabla de configuración Sensores-Canales

Sensor	Nº Canal	Tipo de Entrada	Conversión y unidad
Anemómetro (0-165 km/h)	121	Idc, 4-20mA	$y=165/0.016(x-0.004)$ [km/h]
Veleta (350°)	122	Idc, 4-20mA	$y=350/0.016 (x-0.004)$ [°]
Irradiación (0-1600 W/m2)	221	Idc, 4-20mA	$y=1600/0.016 (x-0.004)$ [W/m2]
Humedad (0-100% RH)	321	Idc, 4-20mA	$y=100/0.016 (x-0.004)$ [% RH]
Tª ambiente (0 -50°C)	322	Idc, 4-20mA	$y=50/0.016 (x-0.004)$ [°C]
Sonda Tª 1	201	Temp, 4w RTD85	Directa por el datalogger en °C
Sonda Tª 2	202	Temp, 4w RTD85	Directa por el datalogger en °C
Sonda Tª 3	203	Temp, 4w RTD85	Directa por el datalogger en °C
Corriente DC String 1	111	Vdc 0-5V	$y=6.9669*x-17.549$ [A]
Voltaje DC String 1	112	Vdc 0-5V	$y=139.78*x-1.1875$ [V]
Corriente AC String 1	113	Vdc 0-5V	$y=1.5847*x-0.038$ [A]
Voltaje AC String 1	114	Vdc 0-5V	$y=52.194*x-1.7745$ [V]
Corriente DC String 2	115	Vdc 0-5V	$y=6.762*x-17.01$ [A]
Voltaje DC String 2	116	Vdc 0-5V	$y=139.66*x-2.5228$ [V]
Corriente AC String 2	117	Vdc 0-5V	$y=1.6011*x-0.0522$ [A]
Voltaje AC String 2	118	Vdc 0-5V	$y=52.105*x-0.7837$ [V]
Corriente DC String 3	311	Vdc 0-5V	$y=6.7672*x-16.924$ [A]
Voltaje DC String 3	312	Vdc 0-5V	$y=139.75*x-0.7835$ [V]
Corriente AC String 3	313	Vdc 0-5V	$y=1.6381*x-0.0668$ [A]
Voltaje AC String 3	314	Vdc 0-5V	$y=52.32*x-1.2837$ [V]
Corriente DC String 4	315	Vdc 0-5V	$y=6.7884*x-17.124$ [A]
Voltaje DC String 4	316	Vdc 0-5V	$y=139.66*x-1.0604$ [V]
Corriente AC String 4	317	Vdc 0-5V	$y=1.592*x-0.0436$ [A]
Voltaje AC String 4	318	Vdc 0-5V	$y=52.693*x-3.5854$ [V]



**DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN
BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES
FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED**

Manual de uso del proyecto Labview CEDIT-Solar



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

Manual de uso del programa CEDIT-Solar

Para poder utilizar el proyecto CEDIT-Solar es necesario tener instalado el software Labview o realizar los siguientes pasos para instalar las librerías y software necesario para la ejecución del proyecto en cualquier ordenador que no disponga de Labview y esté conectado a la red interna de la Universidad Politécnica de Cartagena.

Se ha creado un archivo ejecutable "CEDIT-Solar" y un instalador con el software Run-Time Engine 2010 de 32 bits, los drivers necesarios para la ejecución de este proyecto y las librerías de Labview.

El primer paso será ejecutar el instalador y guardar el archivo ejecutable en una carpeta del ordenador donde queremos hacer funcionar el programa. Con esto ya podemos hacer funcionar el programa.

Uso del programa de monitorización.

El instrumento virtual que se va a manejar para la monitorización y registro de datos es el VI de "Instalación conectada a Red".

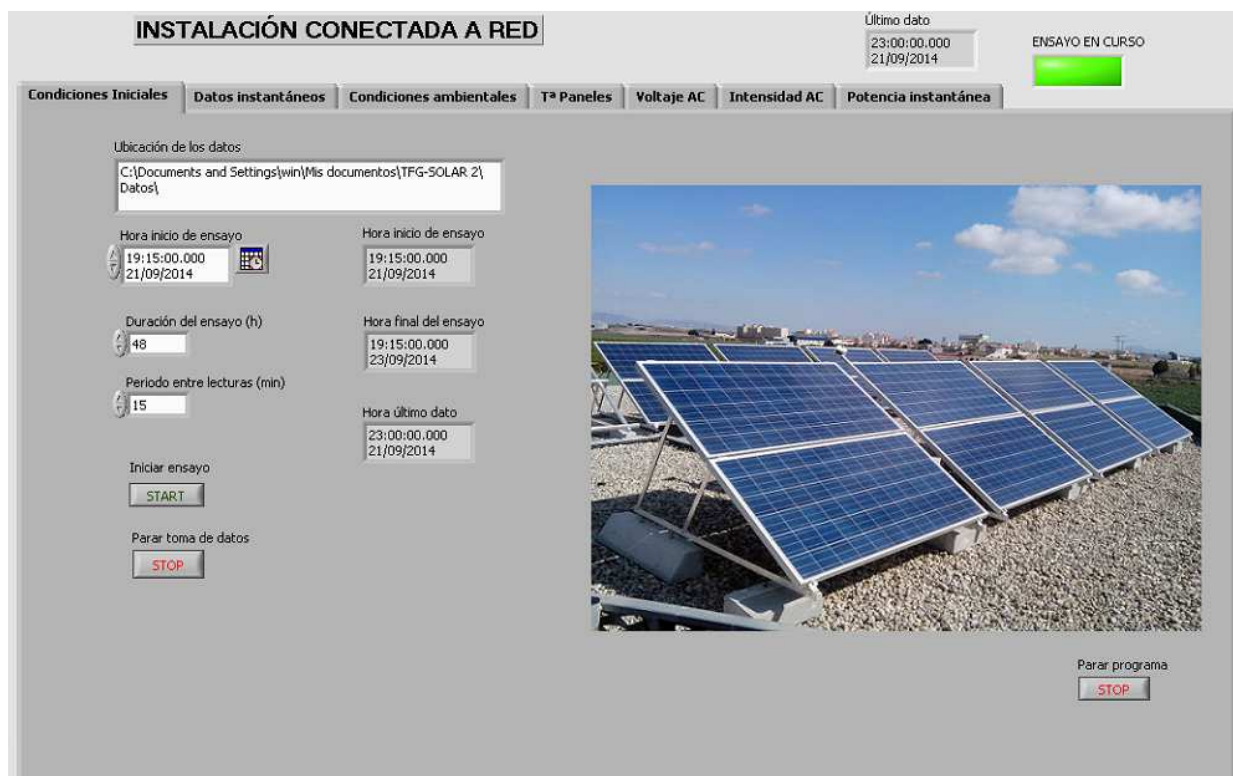


Figura 1: Pantalla principal del Panel Frontal

Para comenzar a tomar datos se indica en la ventana de Ubicación de los datos, la carpeta donde se quiere guardar el archivo .txt con los datos del ensayo, el formato debe ser como en el ejemplo: C:\Users\MiPC\Documents\Datos\ escrito sin espacios.

Posteriormente hay que seleccionar la hora de inicio, la duración del ensayo (en horas), el periodo entre lecturas (en minutos) y finalmente se pulsa el botón de START. Existe un indicador con un led que



DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

cambiará según el estado en el que se encuentre (Ensayo programado, en curso y finalizado) y un pulsador de STOP para finalizar el ensayo antes de lo indicado.

En la siguiente pestaña de Datos instantáneos podemos visualizar los últimos datos registrados una vez comience el ensayo y en las demás pestañas la evolución de los datos mediante gráficas.

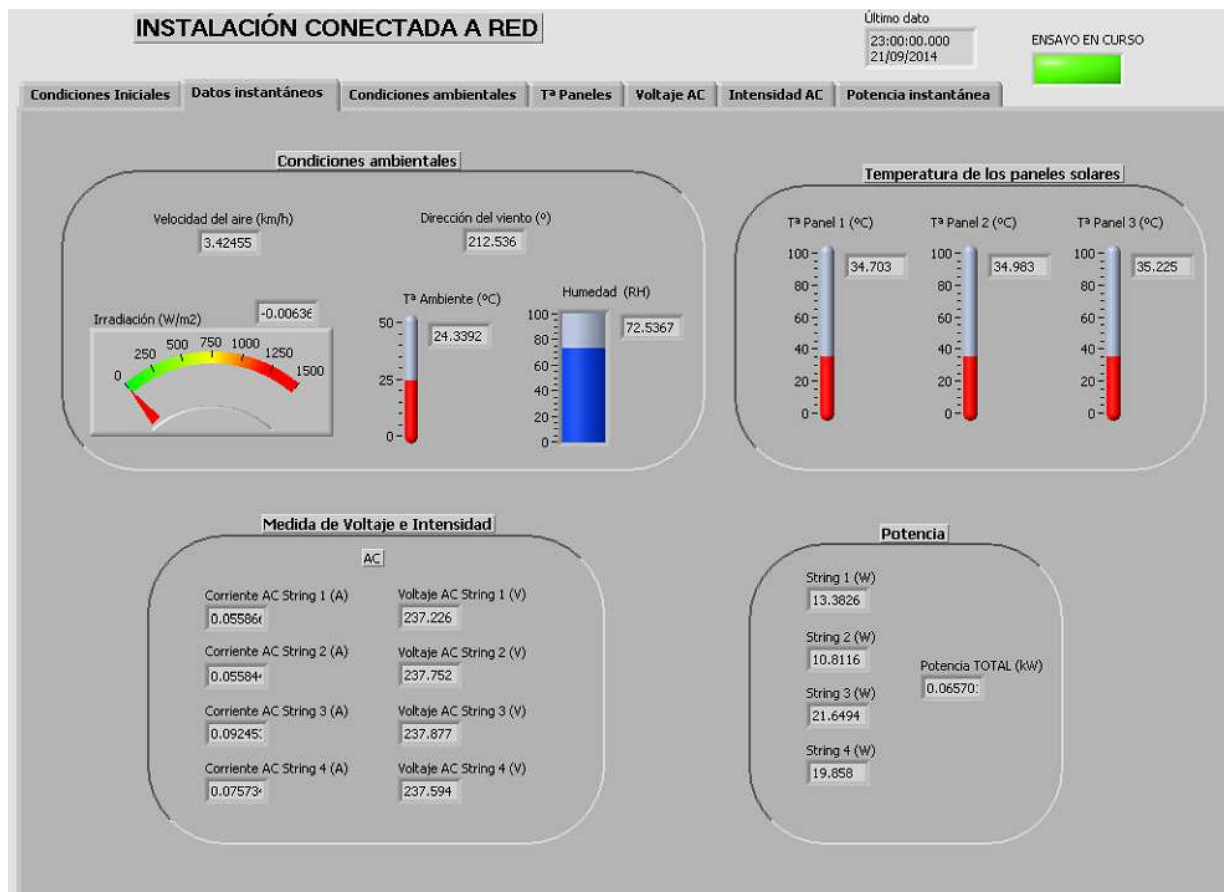


Figura 2: Visualización de datos instantáneos del Panel Frontal



**DOCUMENTACION, PUESTA EN MARCHA Y MONITORIZACIÓN DE UN
BANCO DE ENSAYOS DESTINADO A LA INVESTIGACIÓN DE PANELES
FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED**

Datos obtenidos del ensayo

Fecha	Hora	Anemómetro	Veleta	Irradiación	Humedad	Tª Ambiente	Sonda _Tª1	Sonda _Tª2	Sonda _Tª3	CorrienteAC String1	VoltajeAC String1
21/09/2014	19:15:00	3,67	196,67	46,55	57,20	27,12	41,04	41,34	41,60	0,68	237,58
21/09/2014	19:30:00	1,10	164,44	23,32	59,09	26,84	40,61	40,94	41,18	0,06	236,32
21/09/2014	19:45:00	2,07	191,14	18,05	59,87	26,79	40,05	40,41	40,64	0,06	236,10
21/09/2014	20:00:00	2,30	174,16	3,13	58,65	26,56	39,71	40,00	40,25	0,06	235,30
21/09/2014	20:15:00	3,67	206,14	-0,08	63,20	26,29	39,18	39,51	39,75	0,06	236,31
21/09/2014	20:30:00	3,67	179,41	-0,06	72,10	25,84	38,62	38,97	39,21	0,06	237,84
21/09/2014	20:45:00	2,06	181,43	-0,06	75,10	25,56	38,15	38,48	38,72	0,06	236,50
21/09/2014	21:00:00	2,37	189,21	-0,05	73,77	25,45	37,75	38,07	38,30	0,06	236,17
21/09/2014	21:15:00	3,66	230,48	-0,04	60,54	25,62	37,34	37,63	37,86	0,06	236,24
21/09/2014	21:30:00	0,45	231,46	-0,03	63,98	25,17	36,89	37,19	37,42	0,05	236,35
21/09/2014	21:45:00	0,23	231,46	-0,04	70,21	24,84	36,45	36,74	36,98	0,06	236,61
21/09/2014	22:00:00	-0,01	211,07	-0,01	69,98	24,78	35,98	36,31	36,57	0,06	237,58
21/09/2014	22:15:00	1,14	211,07	0,00	71,43	24,45	35,61	35,94	36,17	0,06	237,60
21/09/2014	22:30:00	-0,01	211,07	0,00	72,09	24,34	35,35	35,64	35,88	0,06	236,40
21/09/2014	22:45:00	1,14	211,57	0,05	70,21	24,45	34,94	35,27	35,51	0,06	236,35
21/09/2014	23:00:00	3,42	212,54	-0,01	72,54	24,34	34,70	34,98	35,23	0,06	237,23
21/09/2014	23:15:00	2,28	212,54	-0,07	74,65	24,23	34,28	34,63	34,85	0,06	237,25
21/09/2014	23:30:00	3,43	105,29	0,00	72,42	24,28	34,22	34,54	34,76	0,06	238,30
21/09/2014	23:45:00	5,64	89,27	0,00	77,00	24,23	33,93	34,24	34,46	0,06	239,36
22/09/2014	0:00:00	6,86	88,30	0,02	81,54	23,95	33,78	34,10	34,31	0,06	240,03
22/09/2014	0:15:00	3,20	94,60	-0,02	83,43	23,95	33,59	33,89	34,13	0,06	239,36
22/09/2014	0:30:00	2,28	94,61	0,00	83,45	23,95	33,39	33,67	33,90	0,06	238,87
22/09/2014	0:45:00	2,05	94,61	-0,01	82,54	23,78	33,23	33,52	33,74	0,06	239,13
22/09/2014	1:00:00	-0,02	94,61	-0,01	82,76	23,67	33,04	33,33	33,56	0,05	239,69
22/09/2014	1:15:00	0,67	93,16	0,02	84,32	23,39	32,84	33,15	33,37	0,05	238,83
22/09/2014	1:30:00	3,27	57,73	-0,03	85,32	23,23	32,62	32,93	33,15	0,05	239,50
22/09/2014	1:45:00	2,24	106,73	-0,01	86,43	23,51	32,53	32,84	33,07	0,05	239,53
22/09/2014	2:00:00	2,04	102,86	0,02	85,99	23,39	32,38	32,67	32,86	0,05	240,48
22/09/2014	2:15:00	1,12	102,86	0,07	86,43	23,17	32,24	32,52	32,75	0,05	240,14
22/09/2014	2:30:00	0,90	102,37	0,03	87,76	22,89	32,16	32,43	32,64	0,05	240,26
22/09/2014	2:45:00	3,74	307,83	0,01	89,21	22,78	31,89	32,18	32,40	0,05	240,74
22/09/2014	3:00:00	2,50	327,67	0,05	91,32	22,84	31,76	32,06	32,27	0,05	239,08
22/09/2014	3:15:00	2,04	349,55	0,02	91,99	23,12	31,67	31,97	32,19	0,05	238,99
22/09/2014	3:30:00	6,22	30,57	0,00	92,10	23,28	31,43	31,73	31,95	0,05	239,05
22/09/2014	3:45:00	5,25	27,17	0,03	91,55	23,34	31,37	31,66	31,88	0,05	239,39
22/09/2014	4:00:00	2,42	86,36	0,00	91,77	23,45	31,29	31,59	31,79	0,05	239,83
22/09/2014	4:15:00	2,50	86,36	0,03	91,65	23,28	31,17	31,47	31,68	0,05	240,39
22/09/2014	4:30:00	4,19	81,02	-0,01	92,54	23,34	31,10	31,40	31,62	0,05	240,69
22/09/2014	4:45:00	0,52	79,08	0,00	91,87	22,78	31,10	31,39	31,59	0,05	240,18
22/09/2014	5:00:00	0,21	79,57	0,00	93,10	22,78	30,92	31,21	31,42	0,05	240,75
22/09/2014	5:15:00	1,59	78,11	0,00	92,54	22,62	30,89	31,15	31,34	0,05	240,81

Fecha	Hora	Anemómetro	Veleta	Irradiación	Humedad	Tª Ambiente	Sonda _Tª1	Sonda _Tª2	Sonda _Tª3	CorrienteAC String1	VoltajeAC String1
22/09/2014	5:30:00	1,36	275,69	0,00	93,54	22,67	30,79	31,10	31,29	0,05	240,57
22/09/2014	5:45:00	3,32	278,62	0,01	94,10	22,95	30,70	30,99	31,19	0,05	240,71
22/09/2014	6:00:00	2,96	295,60	0,01	94,87	22,84	30,60	30,92	31,10	0,05	240,19
22/09/2014	6:15:00	2,51	332,06	0,02	94,99	22,95	30,55	30,85	31,05	0,05	239,00
22/09/2014	6:30:00	3,83	307,76	0,02	94,21	23,00	30,44	30,71	30,92	0,05	238,99
22/09/2014	6:45:00	3,87	301,44	0,01	94,66	22,95	30,38	30,65	30,87	0,05	238,91
22/09/2014	7:00:00	2,95	259,67	0,02	93,55	23,23	30,30	30,60	30,80	0,05	237,87
22/09/2014	7:15:00	2,27	265,98	-0,02	95,43	23,00	30,22	30,54	30,74	0,05	235,82
22/09/2014	7:30:00	4,82	314,07	0,02	95,98	22,89	30,29	30,56	30,76	0,05	237,76
22/09/2014	7:45:00	1,43	270,38	0,08	96,10	22,67	30,09	30,40	30,62	0,05	237,88
22/09/2014	8:00:00	-0,02	9,70	-0,04	95,88	22,56	30,05	30,34	30,56	0,05	238,20
22/09/2014	8:15:00	2,78	263,08	1,81	95,10	22,73	29,99	30,28	30,48	0,05	237,62
22/09/2014	8:30:00	4,74	313,36	1,21	95,87	22,39	29,94	30,22	30,42	0,05	236,12
22/09/2014	8:45:00	6,58	41,77	4,69	96,54	22,34	29,95	30,19	30,42	0,05	236,86
22/09/2014	9:00:00	1,57	27,17	22,72	96,54	22,45	29,85	30,14	30,35	0,05	237,37
22/09/2014	9:15:00	-0,02	298,24	35,43	96,70	22,39	29,82	30,06	30,29	0,04	235,57
22/09/2014	9:30:00	1,12	286,39	63,86	95,54	22,45	29,72	30,01	30,21	0,05	236,49
22/09/2014	9:45:00	-0,02	313,11	73,91	94,09	22,67	29,68	29,94	30,17	0,05	235,99
22/09/2014	10:00:00	3,71	311,71	44,90	93,43	22,56	29,68	29,94	30,15	0,05	235,61
22/09/2014	10:15:00	4,04	35,90	106,65	93,54	22,67	29,63	29,89	30,09	0,05	235,13
22/09/2014	10:30:00	3,21	346,06	48,99	94,77	22,78	29,62	29,89	30,08	0,05	235,95
22/09/2014	10:45:00	5,76	305,88	51,71	94,46	22,73	29,63	29,89	30,08	0,05	235,67
22/09/2014	11:00:00	-0,02	335,94	44,25	93,65	22,61	29,59	29,88	30,09	0,05	234,94
22/09/2014	11:15:00	-0,02	280,07	52,09	93,43	22,73	29,71	29,97	30,17	0,05	235,07
22/09/2014	11:30:00	-0,02	279,59	41,96	91,32	22,62	29,67	29,95	30,14	0,05	234,68
22/09/2014	11:45:00	4,61	245,51	16,86	92,21	22,78	29,68	29,96	30,15	0,05	237,20
22/09/2014	12:00:00	8,77	289,65	125,61	90,97	20,45	29,65	29,95	30,16	0,05	237,77
22/09/2014	12:15:00	3,35	180,52	128,00	87,98	20,56	29,47	29,80	30,00	0,64	237,88
22/09/2014	12:30:00	3,12	9,76	145,19	89,43	21,06	29,45	29,71	29,92	0,65	238,34
22/09/2014	12:45:00	-0,03	294,64	299,67	88,98	21,78	29,40	29,66	29,87	1,29	238,55
22/09/2014	13:00:00	1,12	333,02	333,42	80,10	22,45	29,49	29,67	29,92	1,48	239,35
22/09/2014	13:15:00	-0,02	281,05	262,87	77,65	23,34	29,62	29,90	30,08	1,13	239,78
22/09/2014	13:30:00	0,44	333,03	220,18	74,87	23,73	29,83	30,09	30,24	0,96	239,52
22/09/2014	13:45:00	2,27	335,94	380,58	71,20	24,28	30,24	30,40	30,62	1,62	241,35
22/09/2014	14:00:00	2,27	78,12	377,43	72,76	24,45	30,64	30,75	30,92	1,64	239,70
22/09/2014	14:15:00	3,80	193,26	419,70	68,32	25,34	30,97	31,17	31,33	1,75	240,10
22/09/2014	14:30:00	1,82	180,97	474,26	70,99	25,95	31,41	31,65	31,76	1,92	238,88
22/09/2014	14:45:00	0,22	226,13	315,37	67,43	26,18	31,97	32,14	32,28	1,31	238,68
22/09/2014	15:00:00	6,43	106,80	947,24	66,21	26,34	32,62	32,63	32,85	3,82	240,96
22/09/2014	15:15:00	4,58	110,13	808,82	64,76	27,18	33,42	33,28	33,45	3,17	239,96
22/09/2014	15:30:00	4,58	199,89	847,54	56,31	27,95	33,83	33,88	33,97	3,32	239,26

Fecha	Hora	Anemómetro	Veleta	Irradiación	Humedad	Tª Ambiente	Sonda _Tª1	Sonda _Tª2	Sonda _Tª3	CorrienteAC String1	VoltajeAC String1
22/09/2014	15:45:00	5,73	168,36	754,15	58,43	28,01	34,52	34,52	34,63	3,11	239,10
22/09/2014	16:00:00	13,25	241,39	794,09	45,75	28,73	35,11	35,15	35,24	3,17	238,63
22/09/2014	16:15:00	11,36	220,48	762,42	45,08	28,34	35,57	35,64	35,74	3,11	237,62
22/09/2014	16:30:00	6,23	230,51	715,55	47,17	28,29	35,95	36,17	36,24	2,92	237,15
22/09/2014	16:45:00	2,77	197,43	669,90	48,31	28,40	36,41	36,44	36,61	2,72	236,99
22/09/2014	17:00:00	16,40	237,06	552,67	53,20	27,84	36,55	36,79	36,88	2,29	236,25
22/09/2014	17:15:00	3,91	207,34	429,01	54,09	27,23	36,95	37,05	37,17	1,82	237,29
22/09/2014	17:30:00	11,28	109,77	150,09	62,87	26,12	37,09	37,19	37,35	0,62	236,00
22/09/2014	17:45:00	10,18	154,33	123,08	64,76	25,56	37,14	37,31	37,47	0,57	235,81
22/09/2014	18:00:00	7,92	203,18	111,29	66,43	25,01	37,10	37,27	37,42	0,62	235,97
22/09/2014	18:15:00	3,97	149,64	97,58	71,98	24,79	36,88	37,09	37,28	0,67	236,61
22/09/2014	18:30:00	10,59	188,81	70,39	74,87	24,56	36,58	36,80	36,99	0,55	236,63
22/09/2014	18:45:00	2,75	204,00	55,86	73,23	24,28	36,28	36,55	36,74	0,52	236,82
22/09/2014	19:00:00	4,58	107,87	39,30	72,65	24,28	35,91	36,19	36,39	0,06	236,88
22/09/2014	19:15:00	2,75	125,28	21,05	73,32	24,06	35,56	35,88	36,08	0,06	237,35
22/09/2014	19:30:00	4,35	101,60	12,06	75,09	23,95	35,16	35,48	35,71	0,06	237,95
22/09/2014	19:45:00	1,84	96,06	7,16	77,09	23,62	34,85	35,14	35,36	0,06	237,60
22/09/2014	20:00:00	1,37	193,11	1,62	77,54	23,62	34,57	34,88	35,08	0,06	236,99
22/09/2014	20:15:00	6,63	82,94	0,01	78,87	23,34	34,23	34,56	34,77	0,06	236,89
22/09/2014	20:30:00	6,39	74,40	0,00	79,32	23,17	33,79	34,14	34,36	0,05	237,43
22/09/2014	20:45:00	16,34	88,18	0,01	81,98	22,95	33,56	33,88	34,09	0,05	237,58
22/09/2014	21:00:00	6,88	106,07	0,02	84,99	22,67	33,18	33,49	33,70	0,05	237,60
22/09/2014	21:15:00	5,50	90,24	0,02	85,67	22,45	32,75	33,06	33,30	0,05	238,14
22/09/2014	21:30:00	3,42	99,46	0,03	84,87	22,11	32,41	32,70	32,94	0,05	238,62
22/09/2014	21:45:00	6,86	83,65	0,01	84,76	22,06	32,01	32,38	32,61	0,05	239,70
22/09/2014	22:00:00	6,15	91,55	0,03	83,54	21,78	31,73	32,08	32,29	0,05	238,78
22/09/2014	22:15:00	8,95	70,48	0,02	79,98	22,17	31,44	31,75	31,98	0,05	239,49
22/09/2014	22:30:00	8,63	88,34	0,02	79,31	22,17	31,10	31,45	31,67	0,05	239,71
22/09/2014	22:45:00	17,13	258,39	0,03	76,76	20,78	30,94	31,23	31,45	0,05	238,63
22/09/2014	23:00:00	8,36	210,62	0,06	78,19	19,95	30,52	30,82	31,04	0,05	239,66
22/09/2014	23:15:00	8,69	94,25	0,06	78,64	19,78	30,06	30,40	30,65	0,05	241,19
22/09/2014	23:30:00	11,82	175,19	0,07	79,42	19,39	29,69	30,01	30,28	0,05	239,01
22/09/2014	23:45:00	8,11	164,15	0,18	79,42	19,11	29,42	29,76	29,98	0,05	239,34
23/09/2014	0:00:00	5,92	26,20	0,01	81,86	18,56	28,98	29,33	29,57	0,05	240,43
23/09/2014	0:15:00	2,96	308,73	0,01	86,64	18,22	28,75	29,05	29,30	0,05	235,77
23/09/2014	0:30:00	1,57	268,42	0,14	86,75	18,17	28,42	28,73	28,99	0,05	235,88
23/09/2014	0:45:00	3,63	82,02	0,11	87,08	18,06	28,13	28,44	28,68	0,05	236,67
23/09/2014	1:00:00	0,65	82,00	0,10	86,31	18,17	27,91	28,22	28,46	0,05	236,65
23/09/2014	1:15:00	0,19	81,99	0,04	87,20	18,17	27,56	27,87	28,12	0,04	236,42
23/09/2014	1:30:00	0,88	250,93	0,11	84,31	18,45	27,32	27,64	27,86	0,05	236,05
23/09/2014	1:45:00	-0,04	201,87	0,12	83,75	18,39	27,05	27,37	27,61	0,05	235,84

Fecha	Hora	Anemómetro	Veleta	Irradiación	Humedad	Tª Ambiente	Sonda _Tª1	Sonda _Tª2	Sonda _Tª3	CorrienteAC String1	VoltajeAC String1
23/09/2014	2:00:00	2,94	202,36	0,12	85,53	18,17	26,81	27,11	27,37	0,05	236,37
23/09/2014	2:15:00	1,81	226,16	0,14	86,53	18,22	26,66	26,95	27,21	0,05	236,44
23/09/2014	2:30:00	5,46	247,59	0,13	87,75	18,00	26,44	26,73	26,96	0,05	236,47
23/09/2014	2:45:00	10,52	272,46	0,13	85,75	17,94	26,18	26,46	26,71	0,05	236,67
23/09/2014	3:00:00	6,33	233,32	0,12	85,42	17,94	25,99	26,31	26,53	0,05	236,53
23/09/2014	3:15:00	1,79	241,22	0,13	85,75	18,22	25,68	25,98	26,24	0,05	236,89
23/09/2014	3:30:00	3,92	248,52	0,11	86,75	18,11	25,50	25,80	26,06	0,05	236,53
23/09/2014	3:45:00	7,95	282,21	0,22	89,41	17,72	25,46	25,73	25,95	0,05	236,36
23/09/2014	4:00:00	6,85	239,34	0,13	91,30	17,72	25,26	25,52	25,77	0,05	236,81
23/09/2014	4:15:00	4,35	206,38	0,11	88,31	18,06	25,09	25,42	25,65	0,05	237,00
23/09/2014	4:30:00	7,97	277,38	0,16	86,53	18,28	24,99	25,28	25,51	0,05	237,23
23/09/2014	4:45:00	3,17	236,72	0,12	86,53	18,11	24,88	25,18	25,40	0,05	237,32
23/09/2014	5:00:00	6,14	276,17	0,13	89,75	17,55	24,87	25,14	25,36	0,05	237,24
23/09/2014	5:15:00	8,46	289,19	0,11	86,75	17,94	24,67	24,99	25,19	0,05	237,06
23/09/2014	5:30:00	4,54	237,83	0,11	86,52	17,83	24,70	24,97	25,18	0,05	237,00
23/09/2014	5:45:00	0,64	290,76	0,12	87,33	17,50	24,49	24,80	25,03	0,05	236,62
23/09/2014	6:00:00	7,82	260,43	0,13	90,42	17,11	24,52	24,78	25,01	0,05	236,61
23/09/2014	6:15:00	4,31	245,60	0,14	90,63	17,11	24,33	24,60	24,85	0,05	236,35
23/09/2014	6:30:00	2,25	269,88	0,19	89,63	17,17	24,31	24,59	24,81	0,05	235,80
23/09/2014	6:45:00	6,37	235,40	0,13	90,19	17,00	24,14	24,41	24,65	0,04	238,04
23/09/2014	7:00:00	3,43	253,67	0,12	87,64	17,50	24,06	24,35	24,59	0,05	238,03
23/09/2014	7:15:00	4,58	239,76	0,14	85,98	17,83	24,07	24,33	24,56	0,05	236,47
23/09/2014	7:30:00	4,13	284,47	0,14	88,08	17,17	23,99	24,27	24,50	0,05	237,86
23/09/2014	7:45:00	1,56	281,06	0,13	91,08	16,83	23,87	24,16	24,38	0,05	236,85
23/09/2014	8:00:00	9,11	286,81	1,13	90,86	16,78	23,74	24,04	24,27	0,05	237,88
23/09/2014	8:15:00	3,18	248,87	29,78	87,41	17,16	23,67	23,96	24,20	0,05	237,67
23/09/2014	8:30:00	2,48	281,55	75,08	86,20	17,39	23,61	23,93	24,15	0,05	237,03
23/09/2014	8:45:00	2,97	273,79	138,80	84,53	17,83	23,62	23,91	24,12	0,05	237,49
23/09/2014	9:00:00	1,69	229,57	202,64	79,31	18,83	23,63	23,90	24,11	0,05	237,31
23/09/2014	9:15:00	7,72	270,68	263,71	71,75	19,83	23,78	24,03	24,22	0,05	237,79
23/09/2014	9:30:00	5,22	207,23	324,70	70,75	20,17	24,01	24,24	24,44	0,04	237,50
23/09/2014	9:45:00	5,80	263,43	392,44	68,09	20,84	24,40	24,63	24,80	0,05	237,26
23/09/2014	10:00:00	4,44	272,31	205,71	67,91	20,89	24,88	25,13	25,27	0,05	237,51
23/09/2014	10:15:00	2,79	290,63	353,91	66,64	21,50	25,40	25,67	25,79	0,05	237,52
23/09/2014	10:30:00	4,73	248,49	298,45	62,64	22,56	25,96	26,19	26,29	0,05	237,21
23/09/2014	10:45:00	2,00	282,99	741,06	61,31	23,11	26,55	26,74	26,88	0,05	237,61
23/09/2014	11:00:00	1,35	260,64	333,97	60,31	23,45	27,24	27,42	27,54	0,05	236,85
23/09/2014	11:15:00	5,71	287,37	344,40	54,86	24,84	27,79	27,99	28,08	0,05	236,47
23/09/2014	11:30:00	1,81	294,64	359,05	55,75	25,12	28,41	28,59	28,68	1,55	237,63
23/09/2014	11:45:00	0,21	323,80	948,46	55,42	24,73	29,03	29,22	29,34	3,99	241,06
23/09/2014	12:00:00	1,59	217,89	853,77	50,09	25,90	29,71	29,86	30,04	3,49	240,77

Fecha	Hora	Anemómetro	Veleta	Irradiación	Humedad	Tª Ambiente	Sonda _Tª1	Sonda _Tª2	Sonda _Tª3	CorrienteAC String1	VoltajeAC String1
23/09/2014	12:15:00	2,96	101,40	651,92	51,53	25,73	30,52	30,50	30,69	3,28	239,95
23/09/2014	12:30:00	0,45	126,14	903,56	52,09	26,23	31,37	31,34	31,60	3,59	240,54
23/09/2014	12:45:00	1,62	154,77	934,58	43,75	27,45	32,18	32,24	32,36	3,63	240,35
23/09/2014	13:00:00	3,67	61,61	950,88	45,86	26,95	32,84	33,11	33,26	3,39	240,26
23/09/2014	13:15:00	5,05	126,59	975,64	45,45	26,34	33,88	33,83	34,04	3,81	241,33
23/09/2014	13:30:00	3,21	60,15	1009,75	42,31	27,68	34,57	34,78	34,93	3,71	241,22
23/09/2014	13:45:00	4,40	100,01	1012,30	41,31	26,95	35,44	35,61	35,60	3,75	241,49
23/09/2014	14:00:00	1,38	66,93	243,15	42,75	26,84	36,25	36,33	36,49	0,94	239,40
23/09/2014	14:15:00	1,39	191,62	172,30	45,08	26,84	36,88	36,95	37,07	0,82	240,68
23/09/2014	14:30:00	1,16	193,07	184,59	44,08	26,84	37,30	37,38	37,47	0,86	238,98
23/09/2014	14:45:00	5,71	163,81	273,27	51,20	26,45	37,37	37,55	37,71	1,21	239,88
23/09/2014	15:00:00	5,14	187,49	919,84	47,42	27,62	37,68	37,81	37,88	3,57	242,73
23/09/2014	15:15:00	1,56	153,27	917,87	43,97	28,29	37,95	37,88	38,12	3,46	241,53
23/09/2014	15:30:00	4,80	108,41	330,46	49,75	26,45	37,93	38,03	38,22	1,43	238,67
23/09/2014	15:45:00	1,88	174,16	955,40	44,97	28,07	38,19	38,15	38,35	3,84	240,65
23/09/2014	16:00:00	1,85	254,72	213,71	47,20	27,90	38,23	38,45	38,56	0,85	237,03
23/09/2014	16:15:00	9,86	184,89	854,73	46,09	28,46	38,39	38,51	38,61	3,45	238,23
23/09/2014	16:30:00	9,90	191,23	177,80	49,75	27,90	38,55	38,70	38,83	0,73	235,53
23/09/2014	16:45:00	13,05	192,11	867,39	50,09	27,62	38,56	38,80	38,88	3,55	238,06
23/09/2014	17:00:00	11,42	221,74	549,90	49,87	27,68	38,66	38,91	39,04	1,99	236,50
23/09/2014	17:15:00	15,72	233,12	249,06	54,09	26,18	38,73	38,91	39,06	1,05	237,43
23/09/2014	17:30:00	9,81	199,73	538,67	50,42	26,68	38,55	38,73	38,88	2,21	238,33
23/09/2014	17:45:00	8,23	207,87	459,24	47,75	27,06	38,29	38,48	38,66	1,85	237,76
23/09/2014	18:00:00	12,39	218,98	99,89	51,31	26,45	38,15	38,31	38,49	0,49	236,53
23/09/2014	18:15:00	6,88	234,92	103,26	53,20	25,84	37,93	38,13	38,31	0,61	237,05
23/09/2014	18:30:00	8,31	228,51	118,81	53,98	25,62	37,55	37,76	37,97	0,47	236,85
23/09/2014	18:45:00	8,01	189,29	234,77	50,09	26,18	37,24	37,44	37,64	0,84	237,22
23/09/2014	19:00:00	6,23	220,38	160,31	47,53	26,28	36,79	37,00	37,24	0,54	237,87
23/09/2014	19:15:00	4,82	229,04	105,22	46,75	26,23	36,69	36,73	36,98	0,50	238,31

Fecha	Hora	CorrienteAC String2	VoltajeAC String2	CorrienteAC String3	VoltajeAC String3	CorrienteAC String4	VoltajeAC String4
21/09/2014	19:15:00	0,58	238,11	0,56	238,19	0,63	237,94
21/09/2014	19:30:00	0,06	236,84	0,07	236,93	0,07	236,53
21/09/2014	19:45:00	0,06	236,57	0,07	236,57	0,08	236,32
21/09/2014	20:00:00	0,06	235,81	0,07	235,81	0,08	235,51
21/09/2014	20:15:00	0,06	236,93	0,07	236,85	0,08	236,47
21/09/2014	20:30:00	0,06	238,26	0,08	238,26	0,08	237,90
21/09/2014	20:45:00	0,06	236,97	0,06	237,01	0,08	236,63
21/09/2014	21:00:00	0,06	236,69	0,08	236,71	0,09	236,34
21/09/2014	21:15:00	0,06	236,66	0,08	236,72	0,08	236,31
21/09/2014	21:30:00	0,06	236,80	0,08	236,76	0,09	236,47
21/09/2014	21:45:00	0,06	237,04	0,08	237,05	0,04	236,69
21/09/2014	22:00:00	0,06	237,95	0,08	238,09	0,04	237,76
21/09/2014	22:15:00	0,06	237,96	0,09	238,12	0,07	237,66
21/09/2014	22:30:00	0,06	236,85	0,09	236,87	0,08	236,44
21/09/2014	22:45:00	0,05	236,79	0,09	236,89	0,08	236,49
21/09/2014	23:00:00	0,06	237,75	0,09	237,88	0,08	237,59
21/09/2014	23:15:00	0,06	237,80	0,10	237,90	0,08	237,54
21/09/2014	23:30:00	0,06	238,77	0,10	238,91	0,08	238,63
21/09/2014	23:45:00	0,06	239,81	0,10	239,86	0,08	239,37
22/09/2014	0:00:00	0,06	240,45	0,10	240,49	0,08	240,13
22/09/2014	0:15:00	0,06	239,85	0,11	239,90	0,08	239,56
22/09/2014	0:30:00	0,06	239,30	0,12	239,35	0,08	239,02
22/09/2014	0:45:00	0,06	239,77	0,02	239,95	0,08	239,55
22/09/2014	1:00:00	0,06	240,04	0,02	240,12	0,08	239,79
22/09/2014	1:15:00	0,06	239,29	0,02	239,20	0,08	238,93
22/09/2014	1:30:00	0,06	239,99	0,02	240,09	0,08	239,83
22/09/2014	1:45:00	0,06	240,01	0,02	240,00	0,07	239,67
22/09/2014	2:00:00	0,06	240,94	0,02	241,04	0,08	240,75
22/09/2014	2:15:00	0,05	240,56	0,02	240,59	0,07	240,32
22/09/2014	2:30:00	0,04	240,80	0,02	240,78	0,07	240,64
22/09/2014	2:45:00	0,05	241,07	0,07	241,25	0,07	240,84
22/09/2014	3:00:00	0,05	239,53	0,08	239,45	0,07	239,16
22/09/2014	3:15:00	0,05	239,42	0,08	239,49	0,07	239,15
22/09/2014	3:30:00	0,05	239,56	0,08	239,60	0,07	239,21
22/09/2014	3:45:00	0,05	239,92	0,08	239,99	0,07	239,52
22/09/2014	4:00:00	0,05	240,26	0,09	240,33	0,07	239,98
22/09/2014	4:15:00	0,06	240,82	0,09	240,95	0,07	240,61
22/09/2014	4:30:00	0,05	241,08	0,09	241,19	0,07	240,72
22/09/2014	4:45:00	0,06	240,68	0,09	240,80	0,07	240,44
22/09/2014	5:00:00	0,05	241,03	0,09	241,19	0,07	240,77
22/09/2014	5:15:00	0,05	241,21	0,09	241,42	0,07	240,97

Fecha	Hora	CorrienteAC String2	VoltajeAC String2	CorrienteAC String3	VoltajeAC String3	CorrienteAC String4	VoltajeAC String4
22/09/2014	5:30:00	0,05	240,89	0,09	241,07	0,07	240,81
22/09/2014	5:45:00	0,05	241,24	0,09	241,30	0,07	240,93
22/09/2014	6:00:00	0,05	240,61	0,09	240,74	0,07	240,41
22/09/2014	6:15:00	0,06	239,49	0,08	239,47	0,07	239,14
22/09/2014	6:30:00	0,05	238,97	0,08	238,94	0,07	238,67
22/09/2014	6:45:00	0,05	239,37	0,09	239,49	0,07	239,15
22/09/2014	7:00:00	0,06	238,28	0,08	238,40	0,07	238,10
22/09/2014	7:15:00	0,06	236,33	0,09	236,41	0,06	236,10
22/09/2014	7:30:00	0,06	238,19	0,09	238,23	0,06	238,00
22/09/2014	7:45:00	0,05	238,31	0,08	238,42	0,06	238,07
22/09/2014	8:00:00	0,05	238,52	0,08	238,55	0,06	238,22
22/09/2014	8:15:00	0,05	238,09	0,09	237,96	0,07	237,76
22/09/2014	8:30:00	0,05	236,60	0,08	236,48	0,07	236,36
22/09/2014	8:45:00	0,06	237,44	0,08	237,43	0,07	237,14
22/09/2014	9:00:00	0,06	237,94	0,08	237,94	0,07	237,56
22/09/2014	9:15:00	0,06	236,06	0,08	235,96	0,07	235,97
22/09/2014	9:30:00	0,06	236,90	0,08	236,93	0,07	236,61
22/09/2014	9:45:00	0,06	236,46	0,08	236,49	0,07	236,27
22/09/2014	10:00:00	0,05	236,04	0,08	235,81	0,07	235,60
22/09/2014	10:15:00	0,06	235,63	0,08	235,73	0,07	235,48
22/09/2014	10:30:00	0,05	236,38	0,08	236,33	0,07	236,15
22/09/2014	10:45:00	0,58	236,13	0,63	236,30	0,61	236,00
22/09/2014	11:00:00	0,06	235,38	0,08	235,44	0,07	235,01
22/09/2014	11:15:00	0,05	235,50	0,08	235,55	0,07	235,23
22/09/2014	11:30:00	0,05	235,21	0,08	235,36	0,07	235,02
22/09/2014	11:45:00	0,05	237,69	0,08	237,71	0,07	237,36
22/09/2014	12:00:00	0,05	238,19	0,08	238,17	0,07	237,92
22/09/2014	12:15:00	0,62	238,27	0,63	238,34	0,60	238,02
22/09/2014	12:30:00	0,64	238,72	0,75	238,82	0,69	238,50
22/09/2014	12:45:00	1,30	239,19	1,31	239,30	1,32	238,91
22/09/2014	13:00:00	1,45	239,89	1,44	239,96	1,43	239,69
22/09/2014	13:15:00	1,12	240,25	1,12	240,40	1,12	240,08
22/09/2014	13:30:00	0,96	239,89	0,98	239,93	1,01	239,62
22/09/2014	13:45:00	1,63	241,88	1,69	242,08	1,62	241,69
22/09/2014	14:00:00	1,64	240,09	1,65	240,23	1,60	239,86
22/09/2014	14:15:00	1,77	240,64	1,77	240,67	1,70	240,37
22/09/2014	14:30:00	1,91	239,25	1,91	239,25	1,85	239,06
22/09/2014	14:45:00	1,32	239,18	1,31	239,22	1,30	238,98
22/09/2014	15:00:00	3,83	241,41	3,79	241,51	3,73	241,18
22/09/2014	15:15:00	3,35	240,37	3,33	240,46	3,18	240,16
22/09/2014	15:30:00	3,31	239,75	3,10	239,82	3,22	239,42

Fecha	Hora	CorrienteAC String2	VoltajeAC String2	CorrienteAC String3	VoltajeAC String3	CorrienteAC String4	VoltajeAC String4
22/09/2014	15:45:00	3,11	239,61	3,15	239,68	3,06	239,30
22/09/2014	16:00:00	3,18	239,07	3,13	239,11	2,97	238,76
22/09/2014	16:15:00	3,11	238,06	3,09	238,13	3,01	237,72
22/09/2014	16:30:00	2,86	237,74	2,96	237,84	2,83	237,48
22/09/2014	16:45:00	2,72	237,44	2,70	237,48	2,67	237,08
22/09/2014	17:00:00	2,28	236,83	2,26	236,87	2,22	236,50
22/09/2014	17:15:00	1,83	237,74	1,81	237,84	1,76	237,42
22/09/2014	17:30:00	0,69	236,53	0,64	236,59	0,65	236,27
22/09/2014	17:45:00	0,54	236,26	0,71	236,22	0,51	236,02
22/09/2014	18:00:00	0,50	236,50	0,51	236,49	0,52	236,22
22/09/2014	18:15:00	0,58	237,09	0,54	237,00	0,50	236,78
22/09/2014	18:30:00	0,56	237,03	0,56	237,02	0,58	236,75
22/09/2014	18:45:00	0,61	237,32	0,57	237,29	0,56	236,98
22/09/2014	19:00:00	0,06	237,32	0,08	237,42	0,07	237,06
22/09/2014	19:15:00	0,05	237,72	0,08	237,83	0,04	237,49
22/09/2014	19:30:00	0,06	238,44	0,08	238,42	0,07	238,09
22/09/2014	19:45:00	0,06	238,17	0,09	238,28	0,08	237,95
22/09/2014	20:00:00	0,06	237,56	0,09	237,68	0,08	237,36
22/09/2014	20:15:00	0,06	237,41	0,09	237,41	0,08	237,15
22/09/2014	20:30:00	0,06	237,81	0,10	237,84	0,08	237,46
22/09/2014	20:45:00	0,06	238,02	0,10	238,11	0,08	237,74
22/09/2014	21:00:00	0,06	238,05	0,02	238,15	0,08	237,87
22/09/2014	21:15:00	0,06	238,50	0,02	238,65	0,07	238,37
22/09/2014	21:30:00	0,05	239,05	0,02	239,13	0,07	238,84
22/09/2014	21:45:00	0,05	240,15	0,02	240,18	0,07	239,87
22/09/2014	22:00:00	0,05	239,27	0,08	239,33	0,07	239,09
22/09/2014	22:15:00	0,05	240,02	0,08	240,24	0,07	239,80
22/09/2014	22:30:00	0,06	240,10	0,09	240,36	0,07	240,10
22/09/2014	22:45:00	0,05	239,14	0,09	239,22	0,07	239,00
22/09/2014	23:00:00	0,06	240,10	0,09	240,17	0,07	239,83
22/09/2014	23:15:00	0,05	241,62	0,08	241,73	0,07	241,39
22/09/2014	23:30:00	0,05	239,50	0,08	239,59	0,07	239,27
22/09/2014	23:45:00	0,05	239,90	0,08	240,18	0,07	239,93
23/09/2014	0:00:00	0,05	240,91	0,08	240,94	0,07	240,76
23/09/2014	0:15:00	0,05	236,18	0,08	236,25	0,07	235,99
23/09/2014	0:30:00	0,06	236,35	0,08	236,45	0,07	236,20
23/09/2014	0:45:00	0,05	236,88	0,08	237,08	0,07	236,72
23/09/2014	1:00:00	0,06	237,03	0,08	237,11	0,07	236,86
23/09/2014	1:15:00	0,05	236,91	0,08	237,01	0,07	236,60
23/09/2014	1:30:00	0,05	236,45	0,08	236,47	0,05	236,12
23/09/2014	1:45:00	0,05	236,33	0,08	236,38	0,06	236,14

Fecha	Hora	CorrienteAC String2	VoltajeAC String2	CorrienteAC String3	VoltajeAC String3	CorrienteAC String4	VoltajeAC String4
23/09/2014	2:00:00	0,05	236,79	0,08	236,75	0,06	236,49
23/09/2014	2:15:00	0,06	236,95	0,08	237,04	0,06	236,79
23/09/2014	2:30:00	0,05	236,89	0,08	236,94	0,06	236,63
23/09/2014	2:45:00	0,05	237,16	0,07	237,27	0,06	236,85
23/09/2014	3:00:00	0,05	236,94	0,08	237,02	0,06	236,68
23/09/2014	3:15:00	0,05	237,35	0,07	237,38	0,06	237,10
23/09/2014	3:30:00	0,05	236,91	0,07	237,05	0,06	236,72
23/09/2014	3:45:00	0,05	237,02	0,07	237,04	0,06	236,76
23/09/2014	4:00:00	0,05	237,13	0,07	236,98	0,06	236,72
23/09/2014	4:15:00	0,05	237,38	0,07	237,45	0,06	237,27
23/09/2014	4:30:00	0,05	237,60	0,07	237,53	0,06	237,21
23/09/2014	4:45:00	0,06	237,71	0,07	237,82	0,06	237,52
23/09/2014	5:00:00	0,06	237,56	0,07	237,63	0,06	237,38
23/09/2014	5:15:00	0,05	237,42	0,07	237,49	0,06	237,22
23/09/2014	5:30:00	0,05	237,39	0,07	237,47	0,06	237,09
23/09/2014	5:45:00	0,05	237,04	0,07	237,12	0,06	236,81
23/09/2014	6:00:00	0,05	236,97	0,07	236,97	0,06	236,61
23/09/2014	6:15:00	0,05	236,80	0,07	236,71	0,06	236,41
23/09/2014	6:30:00	0,05	236,13	0,07	236,23	0,06	235,90
23/09/2014	6:45:00	0,05	238,46	0,07	238,53	0,06	238,27
23/09/2014	7:00:00	0,05	238,36	0,06	238,44	0,06	238,25
23/09/2014	7:15:00	0,05	236,81	0,07	236,92	0,06	236,59
23/09/2014	7:30:00	0,05	238,36	0,07	238,38	0,06	238,14
23/09/2014	7:45:00	0,05	237,21	0,07	237,33	0,06	237,14
23/09/2014	8:00:00	0,05	238,28	0,07	238,38	0,06	238,04
23/09/2014	8:15:00	0,05	238,08	0,07	238,06	0,06	237,76
23/09/2014	8:30:00	0,05	237,44	0,07	237,52	0,06	237,30
23/09/2014	8:45:00	0,05	237,86	0,07	237,86	0,06	237,46
23/09/2014	9:00:00	0,06	237,74	0,07	237,73	0,06	237,38
23/09/2014	9:15:00	0,05	238,19	0,07	238,25	0,06	237,83
23/09/2014	9:30:00	0,05	237,88	0,07	237,87	0,06	237,58
23/09/2014	9:45:00	0,06	237,75	0,07	237,70	0,06	237,45
23/09/2014	10:00:00	0,05	237,84	0,07	238,11	0,06	237,75
23/09/2014	10:15:00	0,05	238,00	0,07	238,01	0,06	237,72
23/09/2014	10:30:00	0,06	237,72	0,07	237,78	0,06	237,40
23/09/2014	10:45:00	0,05	238,12	0,08	238,17	0,07	237,85
23/09/2014	11:00:00	0,05	237,20	0,08	237,19	0,07	236,97
23/09/2014	11:15:00	0,05	236,84	0,08	236,90	0,07	236,66
23/09/2014	11:30:00	1,56	238,15	1,62	238,14	1,56	237,87
23/09/2014	11:45:00	3,99	241,28	4,06	241,59	3,88	241,32
23/09/2014	12:00:00	3,48	241,20	3,43	241,07	3,35	240,96

Fecha	Hora	CorrienteAC String2	VoltajeAC String2	CorrienteAC String3	VoltajeAC String3	CorrienteAC String4	VoltajeAC String4
23/09/2014	12:15:00	3,23	240,44	3,25	240,68	3,21	240,34
23/09/2014	12:30:00	3,54	241,03	3,48	241,15	3,43	240,72
23/09/2014	12:45:00	3,61	240,83	3,46	240,86	3,38	240,45
23/09/2014	13:00:00	3,68	240,77	3,54	240,87	3,46	240,43
23/09/2014	13:15:00	3,64	241,70	3,71	241,73	3,69	241,43
23/09/2014	13:30:00	3,60	241,76	3,76	241,99	3,61	241,44
23/09/2014	13:45:00	3,82	241,95	3,66	241,81	3,65	241,70
23/09/2014	14:00:00	0,95	239,92	0,97	239,77	0,93	239,55
23/09/2014	14:15:00	0,73	241,16	0,69	241,21	0,78	240,88
23/09/2014	14:30:00	0,85	239,48	0,81	239,53	0,79	239,02
23/09/2014	14:45:00	1,23	240,30	1,14	240,39	1,12	239,98
23/09/2014	15:00:00	3,59	243,18	3,62	243,34	3,44	242,80
23/09/2014	15:15:00	3,52	241,90	3,27	241,89	3,31	241,58
23/09/2014	15:30:00	1,44	239,10	1,45	239,32	1,40	238,88
23/09/2014	15:45:00	3,70	241,19	3,80	241,14	3,69	240,91
23/09/2014	16:00:00	0,89	237,46	0,79	237,64	0,83	237,06
23/09/2014	16:15:00	3,46	238,78	3,24	238,79	3,28	238,46
23/09/2014	16:30:00	0,86	236,11	0,69	236,16	0,70	235,85
23/09/2014	16:45:00	3,61	238,51	3,61	238,66	3,49	238,19
23/09/2014	17:00:00	2,11	237,02	2,02	237,13	1,99	236,70
23/09/2014	17:15:00	1,01	237,87	0,99	237,91	1,02	237,61
23/09/2014	17:30:00	2,22	238,84	2,24	238,82	2,14	238,46
23/09/2014	17:45:00	1,86	238,25	1,83	238,33	1,83	237,95
23/09/2014	18:00:00	0,61	237,15	0,50	237,19	0,51	236,91
23/09/2014	18:15:00	0,57	237,47	0,62	237,48	0,53	237,14
23/09/2014	18:30:00	0,50	237,27	0,46	237,35	0,48	237,09
23/09/2014	18:45:00	0,81	237,76	0,51	237,79	0,84	237,63
23/09/2014	19:00:00	0,55	238,33	0,68	238,52	0,54	237,99
23/09/2014	19:15:00	0,49	238,77	0,60	238,79	0,60	238,50